

REPUBLIQUE ALGERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 DE GUELMA

*Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de
l'univers*



MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biochimie microbiologie appliquée

Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Thème : Les céréales transgéniques : risques et avantages

Présentée par :

AISSOUS Asma

DALI Khaoula

DJEDNEL Badra

Membres de jury :

Président : Mr Rouibi Abdelhakim (M A A université de Guelma)

L'examineur : Mr Ghreib lassaad (M A A université de Guelma)

L'encadreur : Mr Merzoug Abdelgheni (M A B université de Guelma)

Promotion 2011

Remerciements

Nous remercions dieu le tout puissant ;pour nous avoir aidé à achever ce travail et nous permettre ici d'exprimer notre gratitude la plus sincère à tout ce qui ont ménagé leur efforts pour nous apporter une aide fructueuse pour réaliser ce mémoire

Nous tenons à remercier vivement monsieur **Mr. Merzoug Abdelgheni** pour son soutien continu et sa patience en cours de la réalisation de ce travail.

De nous avoir honorés de sa présence et d'avoir accepté de présider le jury de **Rouibi Abdehakim.**

Nos remerciements vont également à la commission d'examen : **Ghrieb Lassaad**

Nous remercions tous les enseignants, et tous ceux qui nous ont aidé de près et d loin dans la réalisation de ce travail .et aussi sans oublier.

Nous remercions toutes les personnes que nous avons rencontrées durant notre parcours, spécialement la promotion de master qualité des produits et sécurité alimentaire

ASMA, BADRA, KHAOULA

Sommaire :

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....01

Chapitre I : GÉNÉRALITÉS

1. Les organismes génétiquement modifiés	03
1.1. Historique	03
1.2. Définition de l'organisme génétiquement modifiée (O.G.M).....	03
1.3. Les techniques de transgénèse végétale.....	03
1.3.1. La biolistique.....	04
1.3.2. La micro-injection	04
1.3.3. La transféction chimique ou biologique	05
1.3.4. L'électroporation	06
1.4. Les différents types d'OGM.....	07
1.5. Les applications de la transgénèse.....	08
1.5.1. Améliorations agronomiques.....	08
1.5.2. Qualités alimentaires.....	09
1.5.3. Production de molécules à intérêt industriel.....	10
1.5.4. Production de molécules destinées à la santé humaine.....	11
2. Les céréales	12
2.1. La physiologie du grain.....	12
2.1.1. L'enveloppe.....	12
2.1.2. Le germe.....	12
2.1.3. L'albumen ou amende du grain.....	12
2.2. La composition biochimique des grains.....	13
2.3. Intérêt nutritionnel des céréales complètes	14
2.4. Utilisation des céréales.....	15
2.4.1. Alimentation humaine.....	19
2.4.2. Alimentation animale.....	16
2.4.3. Usages industriels.....	16

Chapitre II : LES CÉRÉALES TRANSGÉNIQUES

1. La culture des céréales	17
2. La production et la consommation des céréales dans le monde	18
2.1. La production mondiale des blés et des maïs.....	18
2.2. La consommation mondiale des blés et des maïs.....	18
2.3. La production, l'échanges, la consommation et le stock de totales céréales dans le monde	19
3. Les maladies des céréales.....	20

3.1. Fusariose (<i>Fusarium roseum</i>).....	20
3.2. Piétin-verse (<i>pseudocercospora herpotrichoides</i>).....	21
3.3. Charbon et Carie du blé	21
4. La transgénèse des céréales les plus consommables	22
4.1. La résistance aux insectes.....	23
4.2. La résistance aux herbicides.....	25
4.2.1. La résistance au glufosinate.....	25
4.2.2. La résistance au bromoxinyl.....	26
4.2.3 La résistance aux sulfonilurées.....	26
4.3. La résistance des maladies	26
4.3.1. Fusarioses du maïs et du blé protection contre les effets des mycotoxines.....	27
4.3.2. Carie du blé (<i>tilletia</i>).....	27
4.3.3. Piétin-verse <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	27
4.4. Quelques autres travaux en développement.....	28
4.4.1. La tolérance à la sécheresse.....	28
4.4.2. La tolérance au sel.....	29
Chapitre III : LES RISQUES DES OGM	
.....	30
1. Les risques des OGM pour la santé.....	30
1.1. Le risque des gènes de résistance aux antibiotiques.....	30
1.2. L'accumulation de certains herbicides dans la chaîne alimentaire.....	31
1.3. Les risque d'allergie.....	31
1.4. Risques des pesticides	32
1.5. Le risque de toxicologie.....	33
2. Les risques des OGM sur l'environnement.....	34
2.1. Transmission de gènes par pollinisation et croisements inter variétaux	34
2.2. L'apparition d'insectes résistants aux plantes transgéniques	35
2.3. Perte de biodiversité.....	36
2.4. L'éventuel impact sur les insectes utiles.....	36
2.4.1. L'impact sur le monarque.....	36
2.4.2. L'impact des OGM sur les abeilles.....	37
2.5. L'impact sur la rhizosphère.....	37

2.6. Augmentation de l'utilisation de pesticides.....	38
2.7. Le risque de contamination d'autres cultures agricoles	38
3. Les risques socio-économiques.....	39
3.1. Risques pour les cultures non transgéniques de la même espèce	39
3.2. Risque d'accentuation de la dépendance du monde agricole	39
3.3. Le brevetage de la transgénèse	40
3.4. Conséquence pour les pays en voix de développement	41
3.5. La diminution des prix	41
Conclusion	
Résumé	
Références bibliographie	

Les listes des figures

Chapitre I

Figure 1 : La méthode de balistique	04
Figure 2 : La micro injection	05
Figure 3 : La méthode par transféction	06
Figure 4 : La méthode de L'électroporation	07
Figure5 : la physiologie des grains	13

Chapitre II

Figure 6 : Histogramme de la production mondiale des blés et des maïs en 2008/090,2009/10, et 2010/11	18
Figure 7 : Histogramme des consommations mondiales des blés et des maïs en 2008/090,2009/10, et 2010/11	18
Figure 8 : Fusariose (<i>Fusarium roseum</i>).....	20
figure 9 : Piétin-verse (<i>pseudocercospora herpotrichoides</i>).....	20
Figure 10 : Le charbon et carie du blé.....	21
Figure 11 : Méthode de création du maïs <i>BT</i>	23
Figure 12 : Epi de maïs transgénique.....	35
Figure 13 : Epi de maïs non transgénique	35

Les listes des tableaux

Chapitre I

Tableau 1 : Les pourcentages des composants biochimiques des grains.....14

Tableau 2 : Composition moyenne de graines des céréales (p. cent de l'extrait sec)... 14

Tableau 3 : Principales formes de consommation des céréales.....16

Chapitre II

Tableau 4 : Production, échanges, consommation et stocks de céréales dans le monde.....19

Tableau 5 : Quelques exemples de pertes « actuelle » de récolte au niveau mondial.....22

Liste des abréviations :

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AGM : Aliments génétiquement modifiés.

ARNt : L'acide ribonucléique de transfert.

Bt : *Bacillus thuringiensis*

OGM : Organisme génétique modifié.

OVM : Organisme vivant modifié.

PVD: Pays en voie de développement

COV : Certificat d'Obtention Végétale

CIDC : Conseil International des Céréales

INTRODUCTION

Depuis les débuts de l'agriculture, il ya environ 10.500 ans, les hommes ont sélectionné les meilleures lignées des plantes qu'ils cultivaient, afin d'améliorer la quantité et la qualité des aliments produits. Les semences des plantes possédant les caractères souhaités, étaient conservées et utilisées pour la saison suivante : dans l'espoir de voir réapparaître les caractères souhaités.

Pendant quelque 200 ans, les hommes ont effectivement croisé des plantes et sélectionné leur descendance pour obtenir des lignées améliorées. Ce ne fut ce pendant qu'après la découverte des travaux de Mendel, montrant comment des facteurs discrets (les gènes) se comportent dans un croisement, qu'une amélioration fondée sur des bases scientifiques devient possible, ces programme d'amélioration exigent souvent des années pour arriver aux résultats souhaités. **(Bouharmont, 2007).**

L'un des aliments de base de l'humanité depuis des milliers d'années : les céréales telles que le blé, le riz, le maïs, l'orge...etc. A cause de leur importance dans la nutrition humaine, les gens ont mis au point de nombreuses biotechnologies qu'ils continuent d'utiliser et d'adapter.

Un important sous-secteur des biotechnologies modernes est la génie génétique, c'est-à-dire le recours aux techniques modernes de la biologie moléculaire pour manipuler le patrimoine génétique d'un organisme en introduisant ou éliminant des gènes spécifiques. On appelle organisme génétiquement modifié (O.G.M), ou encore organisme vivant modifié (O.V.M) ou organisme transgénique, tout organisme vivant possédant une combinaison de matériel génétique inédite, obtenue par recours à la biotechnologie moderne. Cette évolution de croisement, est très utilisée dans la culture des céréales. **[1]**

La création des plantes transgéniques sont l'objet d'importants enjeux d'ordre économique, écologique et éthique. Les perspectives économiques considérables qui ont poussé les firmes agro-alimentaires à investir dans la recherche sur les plantes transgéniques, s'accompagnant de risque difficilement évaluable liés à la dissémination incontrôlée d'organismes transgéniques dans l'environnement. En effet, les plantes génétiquement modifiés quittent de plus en plus souvent les laboratoires. Dès 1987, des centaines d'expérimentation en plein champ ont été réalisées dans le monde, nombre d'entre elles ayant pour but de tester des plantes auxquelles a été conférée une résistance génétique à un herbicide. **[2]**

Aujourd'hui, en Amérique du nord, les plantes transgéniques sont cultivées à grande échelle, sans protections particulières. Les scientifiques eux même reconnaissent pourtant que la culture extensive des plantes transgéniques aura peut être des conséquences inattendues. Elles favoriseront probablement l'émergence de nouveaux virus et bouleverseront peut être certains écosystèmes. Au risque même de les faire disparaître ou de les appauvrir. Elles modifient également les pratiques agraires. **(Gilbert et al., 2001).**

Chaque année, des essais d'O.G.M sont réalisés aux champs ou en laboratoire un peu partout dans le monde. Malgré cela, le nombre d'O.G.M présentement approuvés et commercialisés reste limité. Puisque sont resté toujours pas naturels et pourrait alors causés des impacts potentiels sur notre santé et même sur les animaux et l'environnement.

Ce mémoire et destiné a présenté l'application des O.G.M sur les différents types des céréales, leurs avantages et leurs inconvénients sur la santé humaine, animale et environnementale pour cela, nous avons structuré ce travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à donner des idées générales ; sur les O.G.M et leurs technique d'application.
- Le second chapitre nous présentons la culture des céréales, leur production et leur consommation mondiale et quelques céréales transgéniques.
- Et dans le dernier chapitre on décrira les différents risques, liés à la consommation des céréales transgéniques, influençant sur les secteurs sanitaire, socioéconomique et sur l'environnement.

CHAPITRE I: Généralités

1. Les organismes génétiquement modifiés (O.G.M):

1.1. Historique :

La découverte de l'ADN en 1944 par Oswald, a permis la naissance de nouvelles disciplines comme la « génie génétique ». Les travaux de recherches dans ce domaine ont abouti à ce qu'on les organismes génétiquement modifiés ou O.G.M. ou encore les organismes transgéniques.

L'apparition des plantes transgéniques durant le 20^{ème} siècle a été comme suite:

- **1985** : première plante transgénique résistante à un insecte (tabac).
- **1987** : première plante transgénique tolérante à un herbicide total.
- **1988** : première céréale transgénique (maïs résistant à la kanamycine).
- **1990** : première commercialisation d'une plante transgénique (chine : tabac résistant à un virus).
- **1994** : première légume transgénique commercialisé (en USA : tomate Flaver saver à maturation retardée).
- **1999: 40 millions d'hectares de plantes transgéniques dans le monde.**
- **2003: 67.7 millions d'hectares de plantes transgéniques cultivées dans le monde.**
- **2007: La commission européenne a autorisé à l'importation trois nouveaux maïs et une betterave sucrière transgéniques pour une utilisation en alimentation humaine et/ou animale. [3]**

1.2. Définition d'organisme génétiquement modifiée (O.G.M) :

Un organisme génétiquement modifié ou OGM - on dit aussi organisme transgénique - est un animal, un végétal ou micro-organisme dont le code génétique a été modifié pour le doter d'une propriété qu'il ne possède pas naturellement. Par exemple: la résistance à un

herbicide. Cette modification consiste à introduire un ou plusieurs gènes provenant d'une autre espèce. [4]

1.3. Les techniques de transgénèse végétale :

La transgénèse est le processus qui aboutit, par l'insertion de transgène(s) dans un patrimoine génétique d'organisme vivant, à l'obtention d'O.G.M. Les transgènes sont des gènes étrangers provenant d'autres organismes comme les animaux, les végétaux, les virus et les bactéries. Les méthodes de transgénèse sont comme suites :

1.3.1. La biolistique :

Consiste à implanter des petites particules métalliques (tungstène ou or) avec les gènes à introduire et les pulvériser en microbille sur la cellule végétale avec un canon à air. Ces microbilles, une fois dans les cellules, permettent l'insertion du gène dans le code génétique de la cellule (**Fig. 1**).

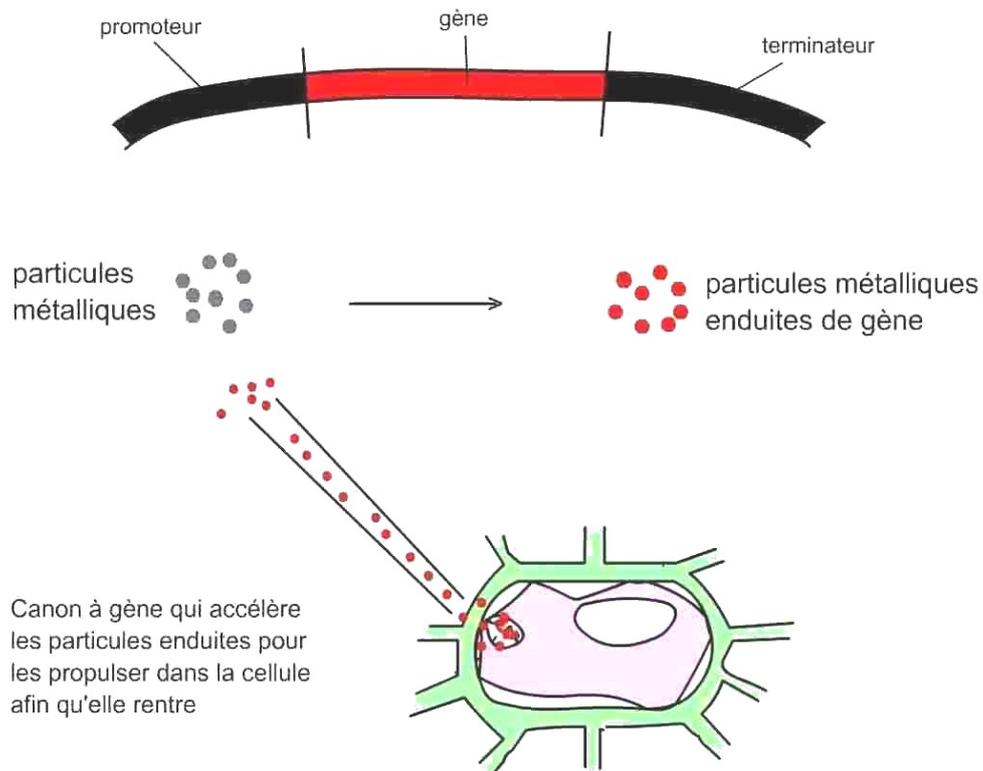


Figure 1: Méthode de la biolistique [5]

1.3.2. La micro-injection :

Elle consiste à introduire directement le gène étranger dans la cellule végétale à modifier à l'aide d'une micro-seringue manipulée sous microscope. (Fig.2)

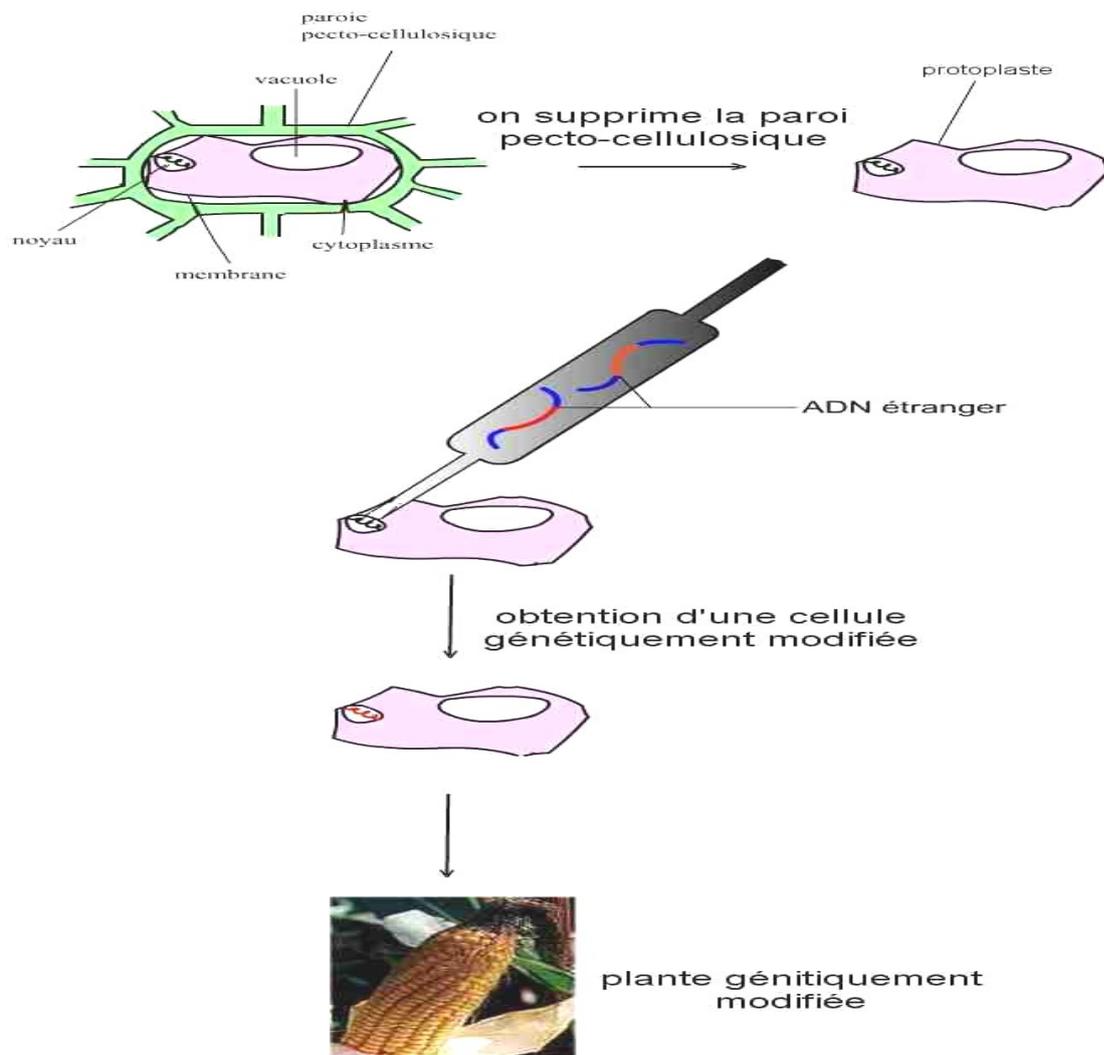


Figure 2: Méthode de la micro-injection [6]

1.3.3. La transféction chimique ou biologique :

C'est une méthode plus complexe mais plus " naturelle ". Elle utilise les propriétés d'une bactérie : *Agrobacterium tumefaciens*. Le gène d'intérêt et son complexe (promoteur-terminateur) sont sélectionnés et intégrés au sein d'un plasmide.

On se retrouve donc avec un plasmide génétiquement modifié comprenant le gène d'intérêt c'est-à-dire un anneau d'ADN codant entre autres pour la protéine d'intérêt. Cet anneau remplace celui de la bactérie (*Agrobacterium*). Cette dernière est devenue transgénique mais elle possède toujours son " propre code génétique ". Pour plus d'efficacité, on lui y retire par le jeu des enzymes : c'est la " suppression des séquences surnuméraires. Notre *Agrobacterium* génétiquement modifiée est maintenant prête à être utilisée comme

vecteur de transgénèse. On met alors la cellule végétale en contact avec une suspension d'*Agrobacterium tumefaciens* génétiquement modifiées. Ces bactéries ont le pouvoir de transférer une partie de leur patrimoine génétique en introduisant leur plasmide dans une cellule végétale, elles permettent le passage de leur plasmide dans la plante qui en devient ainsi génétiquement modifiée à son tour. (Fig.3)

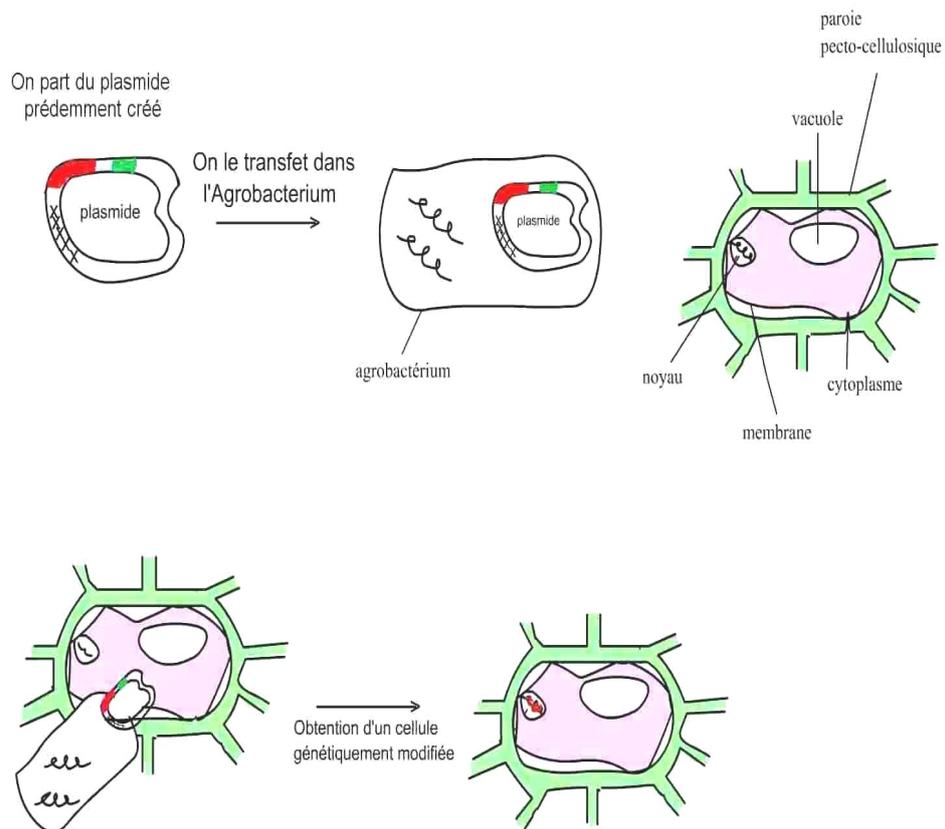


Figure 3 : méthode de transfection biologique

1.3.4. L'électroporation :

Elle se réalise en présence du protoplaste végétal qui est soumis à de courtes décharges électriques de fort voltage conduisant à l'ouverture des pores membranaires. Or les protoplastes baignent dans une solution de plasmides. Ces derniers passent donc très facilement dans la cellule qui devient alors génétiquement modifiée. (Fig.4) [8]

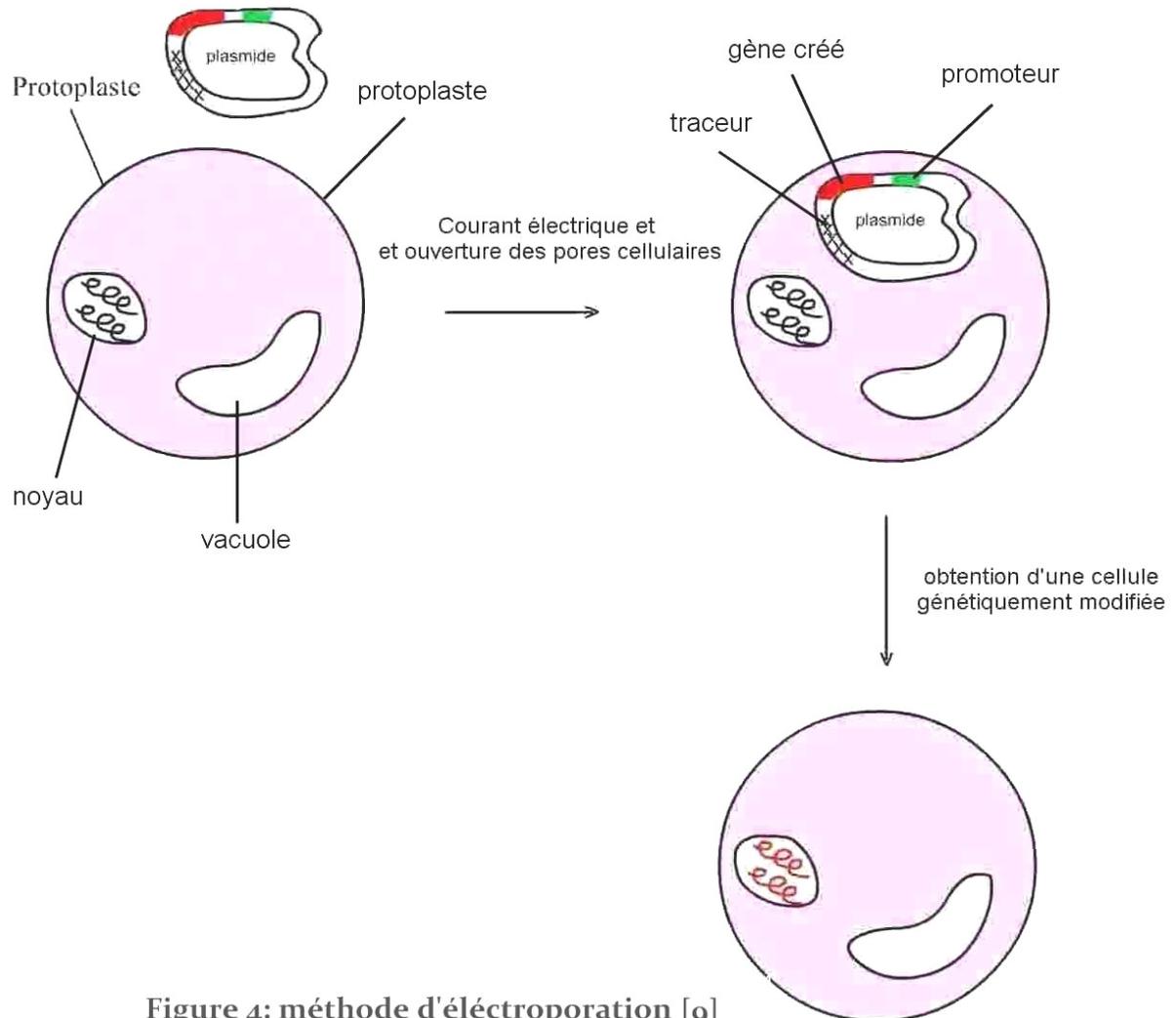


Figure 4: méthode d'électroporation [9]

1.4. Les différents types d'O.G.M :

Les deux aspects de la production agricole, la culture et l'élevage, utilisent la génie génétique pour améliorer les performances des plantes et des animaux. Aussi pour répondre aux exigences de productivité, de qualité et de résistance aux parasites, les O.G.M sont fabriqués. Les trois principaux types d'O.G.M sont:

- **Animaux transgéniques :**

Les animaux transgéniques sont plus difficiles à obtenir et ne sont pas encore commercialisés à des fins de consommation. Différents organismes sont utilisés en laboratoires comme espèces modèles en recherche fondamentale, et peuvent être génétiquement modifiées.

- **Plantes transgéniques :**

Les principales plantes cultivées, par exemple le soja, le maïs, le cotonou encore le tabac, ont des versions génétiquement modifiées, avec de nouvelles propriétés agricoles : résistance aux insectes, résistance à un herbicide, résistance accrue à la sécheresse, enrichissement en composant nutritifs,...etc. Les principales plantes O.G.M cultivées en 2006 sont le soja, qui sert à l'alimentation du bétail, et le maïs.

- **Bactéries transgéniques :**

De nombreux micro-organismes (bactéries, algues, levures) sont relativement faciles à modifier et à cultiver, et sont un moyen relativement économique pour produire des protéines particulières : insuline, hormone de croissance, ...etc. Des essais sont également menés dans le même but à partir de mammifères, en visant la production de la protéine recherchée dans le lait, facile à recueillir et traiter. [10]

1.5. Applications de la transgénèse :

Celles-ci peuvent être regroupées dans quatre grands domaines : améliorations agronomiques, qualités alimentaires, production de molécules à intérêt industriel et production de molécules destinées à la santé humaine.

1.5.1. Améliorations agronomiques :

De nombreux travaux de transgénèse concernent l'introduction de gènes de résistance aux herbicides ou aux insectes, et dans une moindre mesure, à certains virus et maladies. Associées à un usage raisonné d'herbicides et de pesticides, ces plantes transgéniques vont améliorer l'efficacité de l'agriculture, tout en respectant encore mieux l'environnement.

- **Résistance à des insectes**

La bactérie *Bacillus thuringiensis* constitue un véritable réservoir de gènes de résistance aux insectes. En effet, les différentes souches de cette bactérie du sol recèlent

plusieurs protéines insecticides ayant différents modes d'action, et affectant uniquement certains insectes. Chacune de ces protéines est codée par un seul gène, c'est donc un caractère facilement transférable par génie génétique. Plusieurs équipes ont obtenu des tabacs, des pommes de terre, des cotons, des tomates, des maïs résistants à des insectes grâce à cette source de gènes.

- **Résistance à des maladies :**

Les virus, les champignons et les bactéries sont responsables de pertes importantes en production végétale. Or, il n'existe aucune méthode de traitement des maladies dues à des virus chez les plantes cultivées. Par transgénèse, il est possible d'obtenir des plantes résistantes aux virus. Ces plantes transgéniques synthétisent des protéines qui bloquent la multiplication et le développement des virus. Ainsi, il a été possible d'obtenir des courgettes et des melons résistant au virus de la mosaïque du concombre.

- **Résistance à des herbicides :**

Le glufosinate (Basta ou Liberty) et le glyphosate (Roundup) sont des herbicides totaux qui détruisent aussi bien les mauvaises herbes que les plantes cultivées. Les gènes de résistance à l'herbicide introduits dans une plante empêchent la matière active d'agir sur celle-ci, transformant l'herbicide total en herbicide sélectif sur cette plante. Ainsi l'herbicide détruit toutes les mauvaises herbes présentes tout en respectant totalement la plante cultivée.

De plus, ces désherbants totaux ont la propriété de ne pas être rémanents. De nombreuses plantes transgéniques ont été développées pour obtenir une tolérance à ces herbicides. Il s'agit de variétés de betterave, colza, coton, maïs, pomme de terre et de soja.

1.5.2. Qualités alimentaires :

Il s'agit de modifier la composition d'une plante afin de lui apporter des avantages nutritionnels et gustatifs ou de lui conférer de nouvelles caractéristiques qui permettent de diversifier les débouchés.

- **Qualités nutritionnelles :**

En alimentation animale, les recherches vont dans le sens d'un développement de plantes permettant un meilleur rendement nutritionnel et évitant l'apport de compléments

nutritifs. Ainsi, il est possible d'obtenir des plantes de maïs, colza, soja à teneurs élevées en acides aminés, notamment en méthionine et lysine, et des maïs enrichis en huile. Concernant l'alimentation humaine, des travaux sont menés pour diminuer les propriétés allergènes du riz et du soja. Pour obtenir ce résultat, on cherche à introduire dans la plante un transgène qui inhibe la synthèse de la protéine allergisante.

- **Maturation des fruits :**

Ce sont les résultats les plus avancés concernant la qualité alimentaire. Sur le melon et sur la tomate, on a pu obtenir des variétés transgéniques à maturation retardée. Ces fruits peuvent être récoltés à un stade de maturation plus avancé, donc être plus savoureux. D'autre part, il en résulte une meilleure conservation et une aptitude au transport améliorée, réduisant les pertes.

- **Transformation agro-alimentaire :**

Dans ce domaine, les champs d'application potentiels sont très variés : il peut s'agir de la production des protéines impliquées dans des procédés agro-alimentaires, ou de la modification des caractéristiques des végétaux pour optimiser leur utilisation. Des gènes ont également été transférés chez le colza pour modifier la teneur en acides gras ou pour obtenir des huiles contenant des nouveaux acides gras recherchés en alimentation humaine.

1.5.3. Production de molécules à intérêt industriel :

Les biotechnologies ouvrent de nombreuses perspectives dans les domaines de l'industrie, en produisant des molécules nouvelles et en améliorant les procédés industriels et la qualité des produits.

- **Les huiles industrielles :**

Elles sont synthétisées à partir de matières premières fossiles, dont les ressources sont limitées. Il est donc nécessaire de s'orienter vers d'autres ressources renouvelables. Parmi les nombreux programmes de recherche, on peut citer celui destiné à l'obtention d'un colza transgénique à haute teneur en acide gras érucique ou ricinoléique pour la production de lubrifiants, de matières plastiques,...etc. Cette stratégie devrait favoriser le développement de lubrifiants et de plastiques biodégradables.

- **Les colorants :**

Un exemple original est l'obtention de cotons transgéniques de couleur grâce à l'introduction d'un gène bactérien ou végétal codant pour un pigment. Ceci évitera l'utilisation de teintures chimiques difficilement recyclables.

1.5.4. Production de molécules destinées à la santé humaine :

Génétiquement modifiées, des plantes de tabac, de maïs, ou de pomme de terre peuvent produire des molécules thérapeutiques ou des vaccins. Le grand avantage de la production de ces molécules est l'absence de risques de contamination par des virus pathogènes pour l'homme.

- **Les produits sanguins :**

Des recherches menées en France ont déjà permis de faire produire des protéines plasmatiques à des plants de tabac transgéniques, permettant l'obtention d'hémoglobine humaine recombinée.

D'autres travaux montrent qu'il est possible de synthétiser de l'albumine humaine, employée lors du traitement des traumatismes, à partir de tabac ou de pomme de terre. Cette albumine devrait être moins chère que celle issue du plasma sanguin. Cette nouvelle source permettrait de répondre à l'augmentation des besoins.

- **Les vaccins :**

Des chercheurs américains travaillent à la mise au point d'un vaccin pour l'homme, prévenant les cas de gastro-entérites provoquées par la bactérie *E. coli*. Il serait alors envisageable de vacciner à faible coût les populations de pays en voie de développement, les plus touchées par ces diarrhées d'origine bactérienne.

- **Les protéines humaines :**

Des travaux sont actuellement en cours pour faire produire des protéines ou des glycoprotéines à usage thérapeutique à partir de soja, de tabac, de pomme de terre, de riz ou de colza. [11]

2. Les céréales :

Les céréales sont des plantes annuelles, appartenant presque toutes à la famille des graminées. On les récolte pour obtenir des grains qui serviront à l'alimentation humaine ou animale, comme semence et pour des usages industriels comme l'éthanol.

2.1. Physiologie du grain :

La structure du grain des divers céréales est assez semblable, le grain est constitué de trois parties (l'enveloppe, le germe et l'albumen).

2.1.1. L'enveloppe : constitue 14% à 16% du grain, elle même est composée de trois membranes, de l'extérieur vers l'intérieur :

- Le péricarpe : parois qui comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe. C'est un tissu mort.
- le tégument : enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline très azotée minéralisée.
- l'assise protéique : première couche de cellules de l'endosperme.

2.1.2. Le germe : constitue de 2.5% à 3% du grain. Il comprend l'embryon et le cotylédon qui l'entoure. L'embryon est riche en protéines, le cotylédon est riche en lipides.

2.1.3. L'albumen ou amende du grain : C'est de l'amidon enchâssé dans le gluten. Le gluten est la structure protéique de l'amende. L'albumen est soudé à l'assise protéique de l'enveloppe (l'albumen donne la farine).

Dans le cas des céréales, les parties principales du grain ont des compositions caractéristiques qu'il est nécessaire de les bien comprendre (**Fig. 5**).

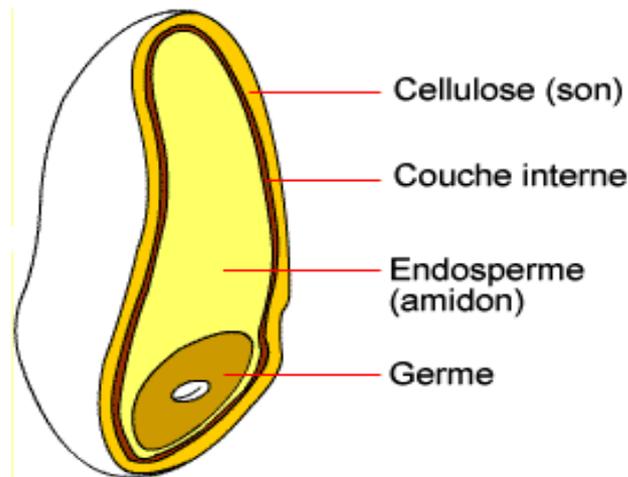


Figure 5 : la physiologie des grains [12]

2.2. La composition biochimique des grains :

Les graines de céréales, qui sont la famille d'aliments à la base de l'alimentation humaine, contiennent généralement :

- **Les fibres alimentaires:**

Les fibres alimentaires correspondent aux fibres de celluloses, d'hémicelluloses, et de lignines. Ces fibres alimentaires se trouvent dans le tégument, ils favorisent le transit intestinal.

- **Les sels minéraux:**

On les trouve principalement dans le tégument, où ils sont complexés par l'acide phytique (diacide), diminuant ainsi leur disponibilité nutritionnelle.

- **Les lipides :**

La graine de céréale contient peu de lipide (2% en moyenne), à priori ces lipides ne sont pas valorisés, cependant 80% des lipides de la graine sont contenue dans le germe. Or ce germe est facilement isolable du reste de la graine, le germe est donc très utilisé pour la fabrication d'huile.

- **Les glucides:**

La source de glucide dans la graine est l'amidon. L'albumen contient la totalité de l'amidon, sous forme de granules intracellulaire d'amidon. L'amidon est l'élément le plus

facilement valorisable il constitue pour la graine un élément de réserve. Il est réparti dans l'albumen en granule indépendant dont le diamètre et la forme varie avec l'espèce.

- **Les protéines:**

Bien que les protéines soient environ 8 fois moins abondantes que l'amidon, ce sont elles qui présentent le plus d'originalités et qui seront décrites ici. Les protéines de réserve de la graine ont en effet la propriété unique de pouvoir former, après hydratation, une masse cohérente, insoluble, et viscoélastique. Les protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans la graine : la couche est constituée de 30 à 35% de protéines, le germe est de 35 à 40% alors que le péricarpe ne contient que 6 à 7% de protéines et le centre de l'albumen amylicé 6 à 9% seulement (tab. 1). [12]

Tableau 1 : Pourcentages des composants biochimiques des grains :

Composants	Valeur moyenne(%)	Limite inférieur(%)	Limite supérieur(%)
Eau	12	10	30
Amidon	70	60	80
Protéines	10	6	22
Lipides	2	1.5	4.5
Cellulose	2.5	1.3	4
Sels minéraux	2	1.3	4

Tableau 2 : Composition moyenne de graines des céréales (p. cent de l'extrait sec):

Graines d'amylacées	Protéines	Lipides	Glucides
Blé	12	2	80
Maïs	12	6.5	79
Riz	9	2	82

2.3. Intérêt nutritionnel des céréales complètes :

L'intérêt nutritionnel des céréales complètes repose sur quatre éléments essentiels :

- **Glucides** : sont présents dans les céréales sous forme d'amidon qui doit être dégradé par plusieurs enzymes successifs pour aboutir au glucose. Cette lenteur de l'assimilation (d'où le terme de "sucre lent") permet à l'énergie fournie d'être étalée dans le temps et d'entretenir les besoins de l'organisme de façon continue.

En outre, l'assimilation des sucres contenus dans les céréales complètes est facilitée par les nombreuses vitamines du groupe B qui y sont présentes, ce qui fait que leur combustion est pratiquement totale.

•**Protides** : Toutes les céréales contiennent également des protides qui sont les constituants de base de toutes les cellules vivantes et qui servent à construire, entretenir, et renouveler les tissus. Ces acides aminés sont très variés. L'organisme peut les synthétiser sauf huit d'entre eux qu'il a besoin de trouver quotidiennement dans l'alimentation et qui sont appelés de ce fait : acides aminés essentiels (isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine). et bien sachez qu'il suffit 100 grammes de céréales complètes pour couvrir les besoins quotidiens d'un adulte en acides aminés essentiels.

•**Lipides** Les céréales complètes contiennent aussi des lipides, ces corps gras qui apportent de l'énergie sous un faible volume. Dont l'intérêt diététique est aujourd'hui parfaitement reconnu, spécialement en ce qui concerne la prévention d'un excès de cholestérol et de ses graves conséquences sur le plan cardio-vasculaire (artériosclérose, hypertension artérielle, infarctus, etc.).

•**Éléments vitaux** Enfin, les céréales complètes contiennent un très grand nombre d'éléments vitaux pour le bon fonctionnement de l'organisme comme les vitamines (notamment des vitamines du groupe B, et de la vitamine E), les substances minérales et les oligo-éléments (calcium, cuivre, magnésium, fer, phosphore, potassium, etc.), ainsi que de nombreuses diastases indispensables à une bonne assimilation digestive (amylases, lipases, etc.).

En dehors de leurs remarquables avantages nutritionnels, les céréales alimentaires possèdent toutes une valeur énergétique importante puisque 100 grammes apportent en moyenne 350 calories.

Toutes ces qualités nutritives, permettent de lutter contre les agressions en général, d'augmenter la résistance à la fatigue, de faciliter le transit intestinal et de favoriser un bon équilibre nerveux. [13]

2.3. Utilisation des céréales :

2.3.1. Alimentation humaine :

Dans l'alimentation humaine les céréales sont utilisées sous divers formes : en grains, farine, semoule...etc. (**Tab. 3**)

Tableau 3 : Principales formes de consommation des céréales :

Exemples	Utilisation
Riz, maïs, blé orge, avoine	En grain
Blé tendre, seigle, épeautre	Farine (la boulangerie, la pâtisserie)
Blé dur, maïs	Semoule (couscous, pâtes alimentaires)
Blé dur, seigle, épeautre, riz	Pâtes alimentaires

2.3.2. Alimentation animale :

Une grande partie de la production mondiale est destinée à l'alimentation des animaux d'élevage : pour les pays développés, 56 % de la consommation de céréales sont destinés à nourrir le bétail, 23 % dans les pays en voie de développement. Mondialement, 37 % de la production de céréales est destinée à nourrir les animaux d'élevages.

En alimentation animale, pratiquement toutes les céréales sont utilisées, sous diverses formes :

- Graines entières
- Graines broyées et incorporées dans les provendes
- Plantes entières récoltées avant maturité, sous forme d'ensilage : maïs et sorgho
- La fourrage et de la paille

2.3.3. Usages industriels :

Dans l'industrie, on retrouve principalement trois usages des céréales :

1. Production d'alcool éthylique et de boissons alcoolisées par fermentation et distillation : aquavit, bière, gin, saké, vodka, whisky...
2. Dérivés de l'amidon, sirops, dextrose, dextrine, polyols...etc. issus principalement du maïs, et utilisés dans l'agro-alimentaire, la papeterie, la pharmacie et divers autres secteurs industriels.
3. La paille, est le plus souvent enfouie après la moisson, utilisée comme litière ou après traitement utilisé pour la production de l'éthanol (comme biocarburant). [14]

CHAPITRE II: LES céréales transgéniques

1. La culture des céréales:

Les variétés de céréales d'hiver, sont semées à l'automne, essentiellement en octobre et novembre. Pendant l'hiver, la végétation est stoppée. Elle repart dès que les températures s'élèvent. Après, les apports d'azote peuvent débuter. Pour obtenir un bon taux de protéines dans les grains, fondamental pour les variétés panifiables, l'azote est apporté en deux, ou mieux, en trois fois, selon les besoins de la culture. L'apport de phosphore et de potasse, également nécessaire au bon développement de la plante, est ajusté en fonction des analyses de sol.

Le désherbage est réalisé à l'automne et/ou au printemps. La lutte contre les maladies est essentielle pour parvenir à une récolte satisfaisante en quantité et en qualité. Elle débute avec le choix de variétés résistantes aux maladies les plus fréquemment rencontrées, le travail du sol, la gestion des résidus de la culture précédente et complétée par l'application de fongicides. Il est parfois nécessaire de lutter contre les insectes : pucerons, cicadelles, tordeuse des céréales, cécidomyies...etc. lorsque leur présence dépasse le seuil critique.

La moisson des céréales d'hiver a lieu en juillet et août, le grain devant être suffisamment sec pour bien se conserver. Les rendements sont assez variables d'une culture à l'autre et d'une région à l'autre. [15]



Figure 5 : la préparation du sol [16]



Figure 8 : le hersage du sol [17]

2. la production et la consommation des céréales dans le monde :

2.1. Production mondiale des blés et des maïs:

La production du blé est décroissante dans les trois dernières années, en 2008/2009 la production à une valeur de 686 millions de tonnes, en 2009/2010 est de 678 millions de tonnes, et en 2010/2011 est de 649 millions de tonnes.

La production du maïs est presque stable dans ces trois années, la production en 2008/2009 est de 799 millions de tonnes, en 2009/2010 est de 813 millions de tonnes, en 2010/2011 est de 808 millions de tonnes. (Fig. 9)

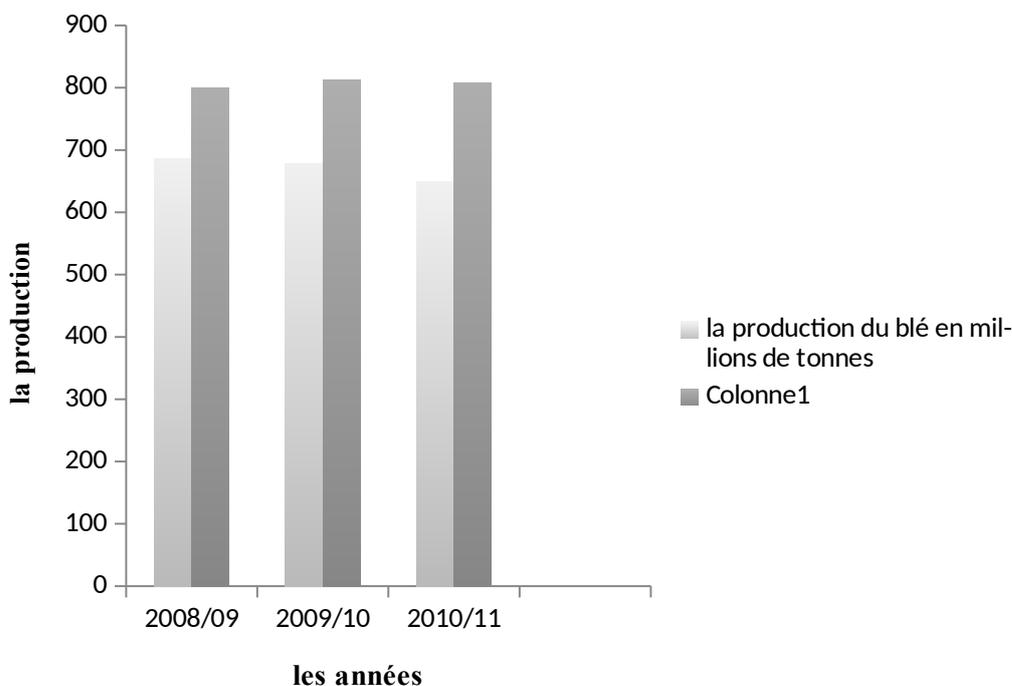


Figure 6 : Histogramme de la production mondiale des blés et des maïs en 2008/2009, 2009/2010, et 2010/2011.

2.2. La consommation mondiale des blés et des maïs :

La consommation des blés et des maïs est croissantes dans les trois années, en 2008/2009 la consommation des blés et des maïs est de 641 et 781 millions de tonnes, en

2009/2010 à des valeurs 684 et 816 millions de tonnes, en 2010/2011 la consommation des blés est de 662 millions de tonnes, et la consommation des maïs est de 842 millions de tonnes.

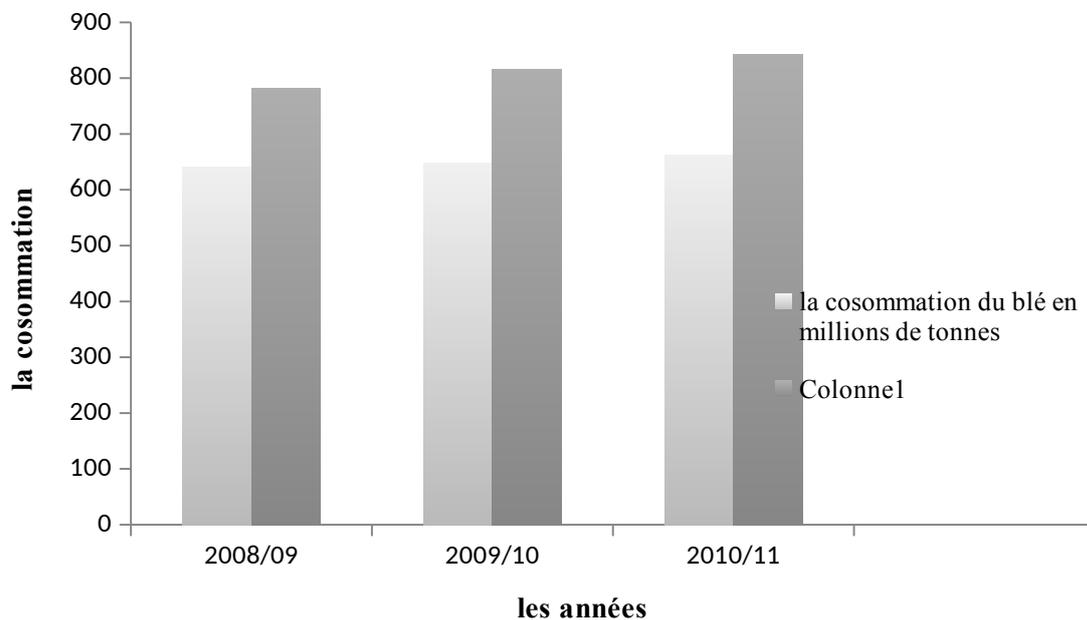


Figure 7 :

Histogramme des consommations mondiales des blés et des maïs en 2008/2009, 2009/2010, et 2010/2011.

2.3. La production, échanges, consommation et stocks des céréales dans le monde:

Le tableau ci dessous montre que la production, la consommation, l'échange et le stocke des céréales varies chaque année, en 2008/2009 la production est de 1802 millions de tonnes, la consommation est de 1727 millions de tonnes, l'échange est de 249 millions de tonnes et le stocke finale prend la valeur 371 millions de tonnes.

En 2009/2010 la production et l'échange décent jusqu'à 1792 et 240 millions de tonnes, la consommation est de 1762 millions de tonnes, le stocke finale est de 402 millions de tonnes.

Et les prévisions de 2010/2011 montre une décroissance dans la production jusqu'au 1726 millions de tonnes, une croissance dans la consommation jusqu'a 1788 millions de tonnes, l'échange est de 243 millions de tonnes et le stocke finale dans cette année est de 341 millions de tonnes.

Tableau 4 : Production, échanges, consommation et stocks de céréales dans le monde en millions de tonnes (C.I.D.C., 2011)

Céréales (4)			
Campagne (1)	2008/09	2009/10	Déviations 2010/11
Production	1807	1707	1726
Echanges (2)	240	240	242
Consommation	1727	1760	1700
Stock final	271	407	241
dont principaux exportateurs (3)	157	162	106

(1) 1er juillet année n -> 30 juin n+1

(2) hors échanges entre pays de l'Union Européenne

(3) Argentine, Australie, Canada, UE, USA

(4) blé, maïs et autres céréales, à l'exception du riz [18]

3. Les maladies des céréales :

3.1. La fusariose (*Fusarium roseum*)

La fusariose est une maladie causée par un champignon appelé *Fusarium roseum*, qui se conserve dans le sol et quand l'humidité dans l'air augmente, les contaminations apparaissent.

Il peut y avoir plusieurs types d'attaques :

- sur semis : il y a un manque lors de la levée. La germination a lieu mais les racines se nécrosent ou meurent. Le coléoptile se nécrose aussi et empêche la sortie de la première feuille.
- sur tiges : tâches brunes diffuses marquées de stries brun foncé sur la graine et la base de la feuille.
- sur épis : ils peuvent être contaminés dès la formation. Ce qui va entraîner une perte de qualité de la céréale. (fig. 8). [19]



Figure 8 : Fusariose (*Fusarium roseum*) [20]

3.2. Piétin-verse (*Pseudocercospora herpotrichoides*)

Dans cette maladie le champignon attaque la base des gaines et des tiges. Les nécroses causées par le parasite limitent la circulation de la sève, provoquent une diminution de la fertilité de l'épi et conduisent à un échaudage du grain. En cas d'attaques importantes, le risque de verse est élevé. Les symptômes sont des tâches allongées, brunes à la périphérie, claires au centre, sur gaine et base de la tige, la tige touchée a un risque important d'échaudage et de verse. (fig. 9.) [21]



Figure 9 : Piétin-verse *Pseudocercospora herpotrichoides* [22]

3.3. Charbon et Carie du blé :

Par le passé, le charbon nu a compté parmi les maladies les plus dévastatrices du blé et de l'orge. La mise au point et l'utilisation de traitement de semence ont permis de maîtriser efficacement de cette maladie. La carie se retrouve principalement chez le blé les symptômes : les grains sont remplacés par des masses de spores ayant une apparence poudreuse et noire tandis que dans le cas de la carie, les grains sont gris à brunâtre tout en conservant leur forme [23]



Figure 10 : Le charbon et carie du blé. [24]

3. La transgénèse des céréales les plus consommables :

La production agricole mondiale pourrait être fortement augmentée par une meilleure protection des plantes contre leurs agresseurs. Cela permettrait en particulier d'augmenter assez rapidement la production par habitant dans les pays en voie de développement. La diminution des pertes dans les pays développés se justifie aussi, du point de vue de l'agriculteur, qui doit valoriser au mieux son investissement.

Le désherbage manuel ayant ses limites (problème de disponibilité de main d'œuvre, pénibilité du travail), on peut penser à une meilleure lutte chimique ; cependant, les résistances aux herbicides n'existent pas toujours. En ce qui concerne la lutte chimique contre les maladies et les ravageurs, les résultats de Oerke et Dehne (1997) montrent qu'elle a une efficacité limitée, sans doute parce qu'elle n'est pas toujours appliquée au moment adéquat ; de plus, elle est coûteuse et peut être polluante (Paoletti et Pmentel, 2000).

La résistance génétique aux maladies aux ravageurs et aux herbicides apparaît comme une meilleure solution, à combiner d'ailleurs avec toutes les autres méthodes de lutte dans une lutte intégrée.

Tableau 5: Quelques exemples de pertes de récolte au niveau mondiale (Oerke et *al.*, 1994)

Espèces	Pertes totales	Pertes dues aux maladies	Pertes dues aux insectes	Pertes dues aux mauvaises herbes
riz	52	15	21	16
maïs	38,5	10,9	14,5	13,1
blé	21,6	12,4	9,3	12,3
orge	29,5	10,1	8,8	10,6

3.1. La résistance aux insectes :

Sans aucune protection des cultures contre les insectes, les pertes induites par leurs attaques s'élèveraient au niveau mondial à plus de 400 milliards de dollars.

Par l'emploi d'insecticides, ces pertes sont réduites de 70% à 75%. La protection n'est donc jamais totale, les nouvelles travaux génétiques indiquent que le traitement génétique des plantes (O.G.M) c'est la meilleure méthode pour réduire les pertes dans la récolte à cause des insectes.

Il existe de multiples toxines, actives sur différents types d'insectes : par exemple, certaines plantes résistantes aux lépidoptères, tels que la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), portent des gènes de type Cry1(A).

Cette résistance est conférée aux plantes par des gènes codant une forme tronquée d'endotoxines protéiques, fabriquées par certaines souches de *Bacillus thuringiensis* (bactéries vivant dans le sol). [25]

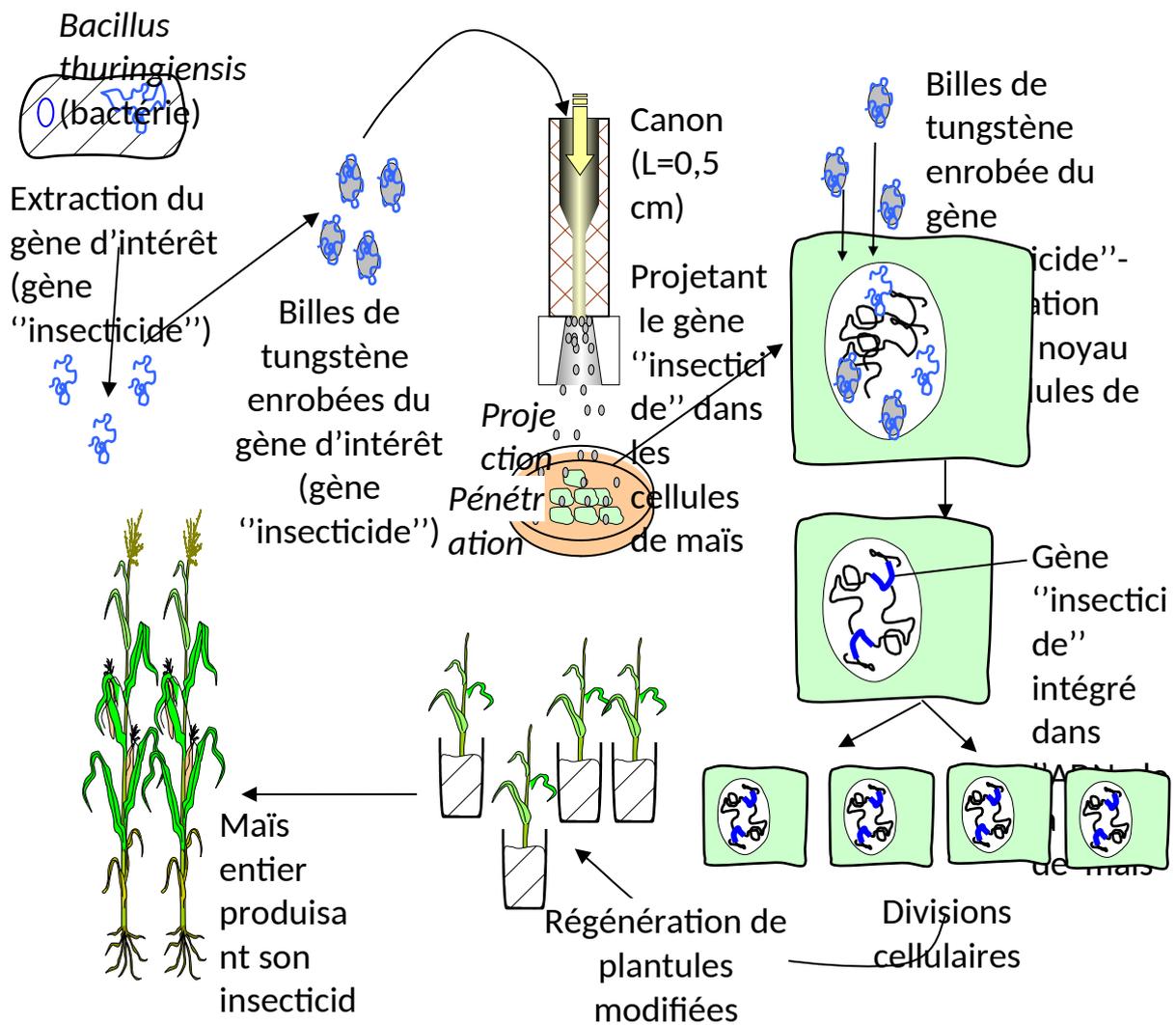
- **Le maïs BT :**

La solution idéale pour lutter efficacement contre la pyrale serait d'avoir une plante qui fabrique dans les tissus attaqués des molécules insecticides, susceptibles de tuer les jeunes larves qui ont pénétré dans la plante (**Anglade, 1989**). La transgénèse, avec l'utilisation du gène *BT Cry1Ab* apporte une solution pour une protection efficace, la plante produit un facteur « d'antibiose », la toxine *BT* (**Fig. 11**). (A.Gallais, A.Ricroch 2006)

Des variétés de maïs ont été transformées par des firmes privées pour produire dans leurs tissus la toxine Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* (BT), active contre la pyrale du maïs. Cette stratégie de lutte offre plusieurs avantages :

- La toxine Cry1Ab n'est active que sur les insectes. Elle agit sur un mécanisme biologique n'existant pas chez les mammifères et aucune toxicité n'a été mise en évidence, ni pour les animaux domestiques ni pour l'homme. C'est une des raisons importantes de son choix ;
- Elle est produite principalement dans les parties vertes de la plante, qui ne sont jamais consommées par l'homme ;
- Les premiers essais ont montré une remarquable efficacité de ces maïs ;

- Dès leur éclosion, les chenilles sont immédiatement en contact avec la toxine. Elles sont ainsi éliminées avant d'avoir pu provoquer des dégâts, avantage important car les larves vivent à l'intérieur de la plante et sont difficiles à atteindre dans la suite de leur vie larvaire ;
- La toxine insecticide produite dans la plante est protégée contre les conditions climatiques qui lui sont défavorables, pluie ou rayonnements ultraviolets. [26]



e Figure 11 : méthode de création du maïs BT [27]

3.2. La résistance aux herbicides :

Les herbicides sont largement utilisés dans l'agriculture pour contrôler la croissance des adventices (mauvaises herbes). Les adventices entrent en compétition avec les plantes cultivées pour les nutriments du sol, l'eau et la lumière. Elles induisent des baisses de rendement et parfois même une perte des récoltes. Les herbicides sont classés par mode d'action et par type de plantes-cibles. Les herbicides à large spectre tuent pratiquement toutes les plantes et ne peuvent donc être appliqués que sur des champs nus (après récolte et avant semis). Ce sont des herbicides dit de "pré-émergence". Les mauvaises herbes qui se développent lorsque la plante cultivée est en croissance doivent donc être éliminées mécaniquement (la méthode la plus ancienne) ou avec des herbicides dit "sélectifs" ou de "post-émergence".

L'une des fonctions du labourage est essentiellement de préparer le sol en éliminant toute végétation gênante.

Les chercheurs en biologie végétale et les agronomes ont très vite réalisé que, s'ils pouvaient rendre les plantes cultivées résistantes à un herbicide à large spectre, le contrôle des adventices serait simplifié. Avec un seul traitement et un seul herbicide on aurait un bon résultat, avec une diminution des coûts et une meilleure protection contre les risques d'atteinte à la santé (des travailleurs agricoles) et de l'environnement.

3.2.1. La résistance au glufosinate

Le glufosinate est vendu sur le marché sous les noms de Basta, Liberty, Ignite, etc. Le constituant de cet herbicide est la phosphinotricine une molécule dont la structure s'apparente à celle de l'acide aminé glutamine. C'est cette similitude de structure qui est à la base de l'effet herbicide: le glufosinate entre en compétition avec la glutamine pour l'enzyme glutamine synthase (GS) bloquant ainsi son action. Cette enzyme est indispensable à la plante pour métaboliser l'ammoniac (ion ammonium) un produit du métabolisme dont l'accumulation est toxique. Pour produire des plantes résistantes au glufosinate on introduit par transgénèse une enzyme appelée phosphinotricine acétyl transférase (PAT) provenant d'une bactérie du genre *Streptomyces* qui modifie la phosphinotricine en la rendant inactive et non toxique. Contrairement à la résistance au glyphosate qui est caractérisée par une insensibilité de la plante à l'herbicide, c'est ici sur une détoxification de l'herbicide qu'est basée la résistance.

Initialement cette forme de résistance à un herbicide n'était utilisée que comme marqueur lors du processus de transformation dans le blé. Aujourd'hui on trouve sur le marché des maïs, des sojas, des colzas, du riz résistants est en voie d'homologation. [28]

3.2.2. La résistance au bromoxinyl:

L'herbicide bromoxinyl est appliqué en post-émergence pour tuer les dicotylédones (plantes à grandes feuilles) dans des cultures de monocotylédones (céréales). Cet herbicide inhibe la photosynthèse. Le gène codant pour l'enzyme bromoxinyl nitrilase (BXN) de la bactérie *Klebsellia pneumoniae* est utilisé pour créer des plantes transgéniques. Cet enzyme détoxifie la substance active. [28]

3.2.3 La résistance aux sulfonilurées:

Les sulfonilurées sont une famille de composés qui sont actifs contre les dicotylédones en bloquant une enzyme végétale, l'acétolactate synthase (ALS), impliquée dans la biosynthèse des acides aminés leucine, isoleucine et valine.

En effet les sulfonilurées sont des herbicides écologiquement peu acceptables, qui persistent dans les sols; il arrive même que cette persistance empêche les rotations de culture.

Dès 1993 la société Dupont a commercialisé des variétés de soja résistantes aux sulfonilurées, les "STS soybean". Ces variétés non transgéniques ont été obtenues par mutagenèses. Lors du boycott européen qui dès 1999 a restreint les exportations de soja O.G.M, les agriculteurs américains se sont tournés vers les variétés STS qui, malgré un bilan environnemental défavorable, leur apportait une plus value intéressante provoqués par l'attitude européenne. [28]

3.3. La résistance aux maladies :

Au niveau mondial, les pertes causées par les maladies son estimées à environ 13.5% des récoltes, malgré le recours aux traitements fongicides. Elles sont particulièrement fortes en zone tropicale. Même en Europe de l'Ouest, la protection phytosanitaire n'évite pas les pertes, malgré un grand nombre d'interventions. La limite de la lutte chimique (cout, pollution...) conduit à rechercher d'autres solutions. Les variétés résistantes sont la seule

solution (combinée à des mesures agronomiques) pour limiter les pertes tout en respectant l'environnement.

3.3.1. Fusarioses du maïs et du blé protection contre les effets des mycotoxines :

Chez le maïs et le blé, la fusariose est à l'origine de perte à la récolte et peut conduire à la présence de mycotoxines sur les grains, dangereuses pour la santé de l'homme et des animaux. La présence même de la toxine augmente la sensibilité des plantes. Des résistances partielles peuvent exister, mais aucune source de résistance totale n'a été trouvée, quelle que soit l'espèce. Or, pour éviter toute présence de toxine, il faut l'immunité. Des travaux actuellement réalisés par différents groupes pour obtenir par transgénèse une résistance suffisante. Chez le blé, pour la protection contre les effets de la toxine de *Fusarium graminearum*, un gène issu d'un autre *Fusarium sporotrichoides* a été introduit, non pas pour entraîner la résistance au champignon, mais pour inactiver la toxine dès sa synthèse (Okubara et al., 2002).

Cependant, l'inactivation obtenue n'a été que partielle ; il faudrait obtenir une expression plus importante du gène introduit.

3.3.2. Carie du blé (*tilletia*) :

Pour protéger le blé contre la carie, des travaux ont consisté à introduire chez le blé un gène (KP4) d'un virus codant pour une protéine antifongique, dite protéine tueuse (Clausen et al., 2000).

Dans ce cas, les chercheurs n'ont fait qu'exploiter un mécanisme naturel. En effet le champignon qui entraîne le charbon du maïs (*Ustilago maudis*) peut être infecté par des souches d'un virus produisant chacune une protéine tueuse (*Killer protein ou KP*) différente ; le champignon infecté est insensible à la KP produite par la souche de virus qu'il porte, mais cette KP sera toxique pour les autres *Ustilago maudis*, non infectés par une souche différente. Il se trouve que les protéines KP sont aussi toxiques pour les champignons de la famille des *Tilletia*.

3.3.3. Piétin-verse *Pseudocercospora herpotrichoides* :

Les sélectionneurs ont développé des variétés présentant un bon niveau de tolérance au piétin-verse. Un gène de résistance a en effet été introduit à partir d'une espèce apparentée au blé, *Aegilops ventricosa*. Ce gène, nommé Pch1, limite la colonisation des gaines foliaires

par le champignon et donne, souvent, une protection suffisante. La première variété portant le gène Pch1 a été inscrite au catalogue en 1976, deux autres ont été inscrites en 1986, et depuis 1994, une à quatre nouvelles variétés portant ce gène sont inscrites chaque année. Même si Pch1 n'explique pas toute la résistance, il existe une forte corrélation entre sa présence et la tolérance au parasite. Il existe d'autres systèmes de résistance génétique. Si, jusqu'à présent, on n'a jamais observé de variant du piétin-verse capable de surmonter la résistance apportée par Pch1, les sélectionneurs s'intéressent aux autres sources de résistance au piétin.

3.4. Quelques autres travaux en développement :

3.4.1. La tolérance à la sécheresse :

Pour ne pas trop puiser dans les réserves naturelles en eau, il est indispensable d'avoir des variétés valorisant bien l'eau absorbée et tolérant la sécheresse pour les plantes qui ont une part importante de leur cycle pendant l'été (cas du maïs). Or, la sélection classique a été très peu efficace pour l'amélioration de l'aptitude à produire en condition de déficit hydrique que les anciennes, des progrès importants restent à réaliser. La transgénèse semble pouvoir apporter de nouvelles sources de variabilité pour ce caractère.

Plusieurs voies sont en cours d'exploration. Une première piste est donnée par l'utilisation de l'eau chez les plantes de la résurrection. Ces plantes sont capables de résister à des sécheresses intenses et de renaître avec seulement quelques gouttes de pluie. Elle se distinguent des autres plantes par leur richesse en un sucre particulier, le tréhalose, qui semble bien jouer un rôle particulier dans la résistance au stress hydrique (Muller et al., 1995).

Garg et al. (2002) ont en effet montré qu'un riz transformé avec deux gènes de la bactérie *Escherichia Coli*, codant pour la synthèse de tréhalose, produisait de trois à huit fois plus de tréhalose qu'une plante normale et était plus résistant au stress hydrique, simulé par un stress salin.

Il est aussi possible de faire surexprimer les gènes ayant une fonction protectrice de l'état des structures cellulaires. Ainsi Xu et al. (1996) ont réussi à conférer une meilleure tolérance au stress hydrique et au stress salin à des plantes de riz par le transfert et la surexpression d'un gène de l'orge codant pour une protéine LEA (les protéines LEA sont des protéines qui s'accumulent dans l'embryon entrant en phase de dessiccation à la maturité du grain).

Les symptômes du stress étaient retardés, la croissance était supérieure en conditions de stress et la reprise de la croissance était meilleure lorsque les conditions redevenaient favorables (Jaglo-Ottosen *et al.*, 1998).

Cependant aucun de ces procédés n'a encore vu le jour à grande échelle.

Une autre piste a été ouverte par l'étude des bases génétiques de la tolérance au stress hydrique grâce à l'analyse du protéome (ensemble des protéines exprimées à un moment donné dans un organe donné) et par l'utilisation des marqueurs moléculaires au sein de populations de maïs résultant du croisement de deux lignées. A un locus particulier mis en évidence (locus ARS, qui code pour un facteur de transcription).

La surexpression semble bien entraîner une amélioration de la tolérance au stress hydrique (travaux en cours, Jeanneau *et al.*, 2002).

La tolérance au stress hydrique étant un caractère complexe, des mécanismes variés étant impliqués, il est possible que l'avenir soit à la combinaison de différents systèmes tels que ceux présentés (Zhang *al.*, 2000).

Il faudrait alors introduire simultanément plusieurs gènes. Ce qui techniquement est tout à fait possible.

3.4.2. La tolérance au sel :

Dans des zones, l'irrigation ne fait qu'aggraver le problème de la salinité. Augmenter de façon significative la production des cultures sur ces sols aiderait à résoudre des problèmes de famine dans certains pays. Le problème est que toutes les plantes sont très sensibles au sel. Cependant, des pistes d'amélioration par transgénèse existent, certaines sont communes avec celles recherchant la tolérance à la sécheresse ou au froid.

Des résultats prometteurs ont été obtenus sur le riz (Zhang *et al.*, 2000 ; Datta, 2002 ; Swaminathan ; 2003 in le Buanec, 2003). Les travaux de Datta (2003) sont particulièrement intéressants à signaler, car il s'agit d'un gène trouvé chez le riz et transféré chez le riz.

chapitreiii: les risques Des o.g.m 1.

Risques des OGM pour la santé :

Un O.G.M ne peut être mis sur le marché qu'après qu'une série de tests ait montré son innocuité pour l'homme et les animaux. Les essais sont réalisés par l'industriel qui demande l'autorisation de mise sur le marché. Celle-ci est refusée lorsque les experts désignés par l'état jugent que le dossier est incomplet ou que les expériences ne sont pas convaincantes. Les tests portent sur la toxicité aiguë, le risque de provoquer des allergies, la tolérance et la valeur alimentaire. [24]

1.1. Le risque des gènes de résistance aux antibiotiques :

Le génome des plantes transgéniques contient des gènes bactériens de résistance aux antibiotiques. Ces gènes utilisés comme marqueurs de sélection sont des résidus de la construction génétique et n'ont aucune utilité dans la plante elle-même. Ils pourraient être transférés, soit aux bactéries colonisant le tube digestif animal ou humain, soit aux bactéries du sol, leur transmettant ainsi le caractère de résistance à des antibiotiques majeurs, allongeant ainsi la liste des antibiotiques devenus inefficaces. Par exemple l'utilisation d'un gène de résistance à l'amikacine est préoccupante, car il s'agit d'un antibiotique majeur, que l'on réserve à certaines infections humaines particulièrement difficiles à traiter. Bien qu'un tel transfert génétique entre plantes et bactéries n'ait jamais été reproduit expérimentalement, il reste possible selon plusieurs études. Plusieurs firmes agro-industrielles avancent que les gènes de résistances aux antibiotiques ne posent pas de problèmes puisqu'ils seraient, de toute façon, déjà présents chez la plupart des bactéries pathogènes.

D'une part, cet argument est contredit par le simple fait que les pénicillines ont par exemple été prescrites 12 millions de fois en Allemagne en 1996. D'autre part, plusieurs résultats de recherches démentent cette argumentation. Le maïs transgénique de la firme Novartis, autorisé en France depuis novembre 1997, contient un gène de résistance aux pénicillines. Cette autorisation a été provisoirement suspendue, entre autres, à cause de ce caractère. La consommation des plantes transgéniques pourrait donc être dangereuse pour la santé animale et humaine.

Il est donc indispensable de remplacer ces techniques de transgénèse obsolètes par des techniques n'utilisant pas des gènes de résistance à des antibiotiques, ne serait ce que pour respecter le principe de précaution. Cela est tout de même à nuancer puisque de nouvelles techniques sont actuellement développées : les gènes de résistance y sont soit éliminés après la construction génétique, soit remplacés par des caractères sélectifs dont l'innocuité est prouvée. [30]

1.2. L'accumulation des résidus d'herbicides dans la chaîne alimentaire :

La toxicité à long terme des résidus d'herbicides peut s'accumuler dans la chaîne alimentaire. En effet, la majorité des plantes transgéniques sont modifiées pour les rendre tolérantes à des herbicides totaux. Lorsqu'une plante est naturellement résistante à un herbicide, elle va le métaboliser, c'est à dire le détruire complètement et il n'en restera plus aucune trace. Mais lorsque la plante est rendue résistante à un herbicide, le problème est en fait tout autre :

Soit ces plantes ont vu leur patrimoine génétique modifié au niveau de l'enzyme cible de l'herbicide (probablement la forme du site actif a-t-elle été modifiée). L'herbicide ne peut donc plus agir sur la plante mais le problème réside dans le fait que la plante est alors incapable de métaboliser l'herbicide et que celui-ci s'accumule dans les récoltes, notamment dans les zones de croissance et de réserve puisqu'il se déplace de la même manière que les produits de la photosynthèse. C'est le cas des plantes résistantes au glyphosate comme par exemple le *Round Up* dont on connaît le caractère mutagène et cancérigène ou le *Basta* dont le caractère neurotoxique est démontré.

Soit la résistance est due à l'introduction d'un gène de métabolisation bactérien et dans ce cas, l'herbicide sera éliminé. C'est le cas pour les plantes transgéniques résistantes aux herbicides déjà utilisée dans certains pays comme par exemple les plantes résistantes au glufosinate (matière active de désherbants totaux) : cette fois les plantes transforment l'herbicide en un métabolite qui s'accumulera dans les récoltes. [31]

1.3. Le risque d'allergie :

Les allergies alimentaires, par exemple, sont provoquées par des protéines auquel l'organisme réagit de manière exaspérée. L'introduction de nouveaux gènes dans des plantes pour la consommation humaine ou animale signifie donc la synthèse de nouvelles protéines. Il

est donc impossible de déterminer si ces nouvelles protéines peuvent provoquer des allergies ou non:

Dans les pays riches, le principal risque est l'allergie : de 3 à 5 % de la population souffre d'allergies alimentaires et cette proportion semble en augmentation. Les autres risques sont dus à la contamination des aliments par des bactéries (listeria, botulisme...), des moisissures (aflatoxines...) ou des produits chimiques (pesticides, polluants industriels, etc.).

Les allergies sont provoquées par une protéine ou un mélange de protéines contenues dans les aliments. L'importance des facteurs individuels fait qu'il est impossible d'être sûr qu'un aliment ne présente pas de risque. Depuis quelques années apparaissent en Europe de nouvelles allergies dues à la consommation de plus en plus fréquente de produits exotiques (allergie au kiwi, au sésame, etc.).

Il n'y a pas eu jusqu'à présent de cas d'allergie qui soient la conséquence de la consommation d'aliments fabriqués à partir de plantes O.G.M. Cependant, il est impossible d'être sûr qu'aucun consommateur ne développera jamais d'allergie à un aliment. Ceci est vrai pour les aliments O.G.M comme pour les autres. Le risque est en théorie moindre pour les aliments O.G.M car la présence de substances connues pour provoquer des allergies est recherchée systématiquement. La commercialisation est interdite si l'O.G.M en contient. [30]

1.4. Risques des pesticides :

Les plantes O.G.M qui sont manipulées génétiquement pour devenir résistantes aux pesticides peut transférer cette résistance aux mauvaises herbes et devenir "super mauvaises herbes". Ceci entraîne un emploi plus élevé en pesticides ou de pesticides de plus en plus forts pour les cultures O.G.M.

Ainsi le volume des pesticides employé dans le monde a été augmenté ces dernières années parallèlement avec la culture des O.G.M.

Les pesticides peuvent avoir un impact sur la santé des femmes, des hommes et des enfants. Plus le contact est intense, plus les risques pour la santé augmentent par exemple par l'exposition au travail, en habitant dans une zone à agriculture massive, lors de leur emploi sur la place de jeux, dans la maison ou dans le jardin, ou par l'ingestion de résidus de pesticides avec les O.G.M.

Les études qui analysent l'impact des pesticides, souvent ne se penchent que sur une seule substance, ce qui peut influencer le résultat de l'étude. Dans la vraie vie nous sommes exposés à un cocktail de substance chimique. Dans ce cas là les risques ne s'additionnent pas seulement, mais peuvent s'amplifier. [32]

- **Neurotoxicité des pesticides pendant la grossesse :**

Cette étude analysait les effets toxiques des pesticides employés en Europe sur le système neurologiques des nourrissons. Les chercheurs arrivent à la conclusion que les études épidémiologique prouvent des effets nuisibles sur le développement neurologique et que des études en laboratoire démontrent la neurotoxicité des pesticides. Ils revendiquent par prévention d'omettre tout contact humaine avec des pesticides ou leur résidus dans l'A.G.M. ou l'alimentation de façon générales, jusqu'à ce que plus de résultats scientifiques soient disponibles. [32]

- **Autisme et pesticides :**

Des études montrent une relation probable entre l'influence à une exposition aux pesticides et aux biocides consommés avec les A.G.M. durant la grossesse et le risque accru des symptômes autistique chez les enfants. Si des champs dans un entourage de 500 mètres autour du lieu de résidence de la mère étaient aspergés avec des pesticides durant la développement du système nerveux central du bébé à naitre, il avait un risque accru de développé de l'autisme. [32]

- **Alimentation bio réduit l'exposition aux pesticides :**

Cette étude a été faite aux Etats-Unis sur des enfants d'âge préscolaire. Le taux des résidus de pesticides dans les urines des enfants à alimentation conventionnelle était six a neuf fois plus élève que celui trouvé dans les urines des enfants a alimentation biologique. Les scientifiques prouvaient que l'exposition des enfants aux pesticides pouvait être réduite à une limite très inférieure aux seuils de vigilance émis par l'agence de la protection environnementale des Etats-Unis en leur donnant des fruits, légumes et jus provenant de l'agriculture biologie .une consommation issue de l'agriculture conventionnelle faisait dépasser ces seuils et les exposaient à un risque. [32]

1.5. Le risque de toxicologie :

L'ajout d'un nouveau gène dans un organisme vivant peut provoquer l'expression d'un ou de plusieurs gènes inactifs à l'état normal. Cette expression induite par le transgène peut entraîner l'augmentation de la production de toxines. Or nous savons que certaines toxines existent à l'état naturel et sont produites en quantité non toxique c'est le cas de la solanine de la pomme de terre ou encore celui de la tomatine de la tomate. Ce risque même minime peut survenir et personne n'est capable d'en évaluer les effets. [33]

2. Les risques d'OGM sur l'environnement

Depuis plusieurs années déjà, des plantes dont les gènes ont été modifiés sont cultivées, puis commercialisées en Amérique du Nord. Au contraire, en Europe, les pays ont choisi de prendre de nombreuses précautions en ce qui concerne les O.G.M. Ils essaient d'évaluer les risques potentiels de cette nouvelle technologie avant toute exploitation à grande échelle. Pour eux le plus important est de connaître ses risques et de savoir les maîtriser.

Mais, pour l'instant, nous ne possédons pas une véritable réponse globale concernant l'étude des risques des Organismes Génétiquement Modifiés. En effet, tout dépend de l'espèce concernée et du gène qui lui sera introduit. Aujourd'hui, nous n'avons pas encore assez de recul pour évaluer les risques envers l'environnement. Tous ces risques sont donc potentiels. [32]

2.1. Transmission de gènes par pollinisation et croisements inter variétaux

Chez les espèces végétales, les transmissions de gènes s'opèrent par des croisements sexuels. C'est surtout le pollen qui est concerné par cette dissémination : il est transporté par le vent ou bien par des insectes dits " insectes pollinisateurs ". Le problème est que cette transmission peut se faire entre plantes d'une même espèce mais aussi en direction d'espèces sauvages, les " mauvaises herbes ". Cependant, les flux de gènes se transmettent différemment selon les espèces concernées ainsi que selon l'écosystème qui les entoure. La seule approche raisonnable est donc l'étude du cas par cas.

Afin de mesurer la fréquence des échanges de gènes dans un écosystème, au milieu des cultures et des mauvaises herbes, trois estimations ont été produites :

- La distance que le pollen couvre en se dispersant (nous prendrons du pollen de trois cultures : colza, betteraves et maïs).
- La possibilité de croisements entre les variétés de chaque culture

- La possibilité de croisements entre les cultures et les espèces environnantes. (**Bahloul et Kraimia, 2010**).

2.2. L'apparition d'insectes résistants aux plantes transgéniques

Les plantes génétiquement modifiées pour s'autoprotéger contre un insecte (comme le maïs résistant à la pyrale) pourraient susciter l'apparition d'insectes résistants à ces plantes transgéniques. (Fig. 12)

Il existe des indices de probabilité de réalisation de ce risque, qui ne découlent pourtant pas des plantes génétiquement modifiées, mais bien des méthodes utilisées classiquement en agriculture. En effet, la toxine produite par la bactérie *Bacillus thuringiensis*, dont la synthèse est par ailleurs obtenue par génie génétique dans le " maïs BT ") est utilisée dans différents pays, dont la France, notamment en agriculture biologique, sous forme de bio-pesticide. Or, dans certains pays (Malaisie, Japon, Hawaï), son application répétée, sous forme de pesticide, a entraîné la sélection de populations de ravageurs capables de résister à l'action de ce produit.

Il n'est pas impensable qu'un phénomène identique se produise avec les plantes transgéniques, même si le taux de présence de cette protéine est inférieur lorsqu'elle est " intériorisée " dans la plante transgénique, par rapport à la concentration plus forte en cette protéine du pesticide utilisé actuellement en épandage sur les végétaux.

Il est donc concevable qu'un jour les pyrales, par exemple, puissent résister au " maïs BT ". Ce risque est, là encore, parfois analysé comme un risque de nature plutôt économique, puisque sa réalisation aurait pour principal effet de diminuer l'intérêt des plantes transgéniques concernées et de revenir à la situation actuelle, où les moyens de lutte contre ces insectes ne sont pas totalement efficaces. Toutefois, la dimension environnementale n'est pas non plus absente de cette problématique puisque l'éventualité de l'apparition de telles résistances pourrait aussi conduire sur les populations d'insectes concernées, à la perte d'efficacité du bio-pesticide considéré, ce qui aurait des conséquences pour les filières qui l'utilisent actuellement. [31]



Figure 12 : Epi de maïs transgénique [34] Figure 13 : Epi du maïs non transgénique [35]

2.3. Perte de biodiversité

La nature et les techniques de reproduction traditionnelles ont permis de créer une incroyable diversité de cultures. Les O.G.M menacent cette diversité. Les manipulations actuelles sont conçues pour l'agriculture industrielle. Celle-ci tend à l'uniformisation des cultures (perte de variété des semences) et mène à une réduction de la biodiversité en milieu rural. De plus, par voie de croisement, des plantes génétiquement modifiées peuvent contaminer leurs variétés naturelles apparentées.

C'est ainsi que le Mexique, centre d'origine du maïs, compte 60 variétés de maïs indigène et plus de 2000 variétés adaptées. La contamination de cette grande variété génétique représente un danger grave non seulement pour le Mexique, mais pour l'humanité entière. Si les plantes-mères venaient à disparaître, les paysans ne pourraient plus continuer à choisir les variétés traditionnelles en fonction de leur capacité à résister aux sécheresses, aux insectes ou aux changements agronomiques. [36]

2.4. L'éventuel impact sur les insectes utiles :

Il est important de vérifier que les plantes transgéniques ne soient pas toxiques pour d'autres insectes dits " non ciblés ". Ce sont les insectes qui ne sont pas considérés comme " ravageurs " et qui peuvent même être bénéfiques pour l'écosystème, voire pour tout l'environnement, d'où leur nom d'insectes " utiles ". Exemples : les abeilles, les coccinelles, ... etc. [37]

2.4.1. L'impact sur le monarque :

Récemment a été menée aux Etats Unis une expérience sur le monarque, papillon d'Amérique du Nord réputé pour sa beauté :

Des chenilles de ce papillon ont été nourries avec des feuilles artificiellement recouvertes de pollen d'une variété de maïs rendu résistant à la pyrale par l'introduction dans son génome d'un gène commandant la production d'un insecticide. Ces chenilles ont connu une croissance plus lente et une mortalité plus élevée que d'autres nourries de feuilles recouvertes de pollen de maïs non génétiquement modifié. [37]

2.4.2. L'impact des OGM sur les abeilles :

De la même manière, les O.G.M pourraient être toxiques pour les abeilles qui les visitent. Il est donc nécessaire de procéder à :

- L'analyse des sécrétions des plantes transgéniques mellifères (par exemple le colza).
- L'évaluation de l'incidence d'une éventuelle exposition aux produits des gènes introduits dans le génome de ces plantes sur la survie des abeilles et leur comportement de butinage. [37]

2.5. L'impact sur la rhizosphère :

La rhizosphère est la partie du sol qui est située le plus à l'extérieur dans la croûte terrestre ; elle est située dans l'environnement immédiat des racines des plantes. **(bahloul et kramia, 2010)**

La population de bactéries dans la rhizosphère d'une plante transgénique synthétisant des opines (substance aminocarbonée utilisée par certain bactéries) était différente de celle observée pour des plantes non transgéniques : les bactéries utilisatrices d'opines étaient plus nombreuses. Ce résultat s'explique bien par les phénomènes d'exsudation de sucs au niveau des racines. Toute plante exsude certaines substances, en très faible quantité, selon son génotype. Ainsi un maïs *BT* exsude des traces des toxines *BT*.

Cependant, des résultats contradictoires ont été obtenus quant à l'effet des exsudats d'un maïs *BT* sur la flore microbienne. La conséquence de ces études est que l'impact d'une plante transgénique devrait être évalué au niveau des populations bactériennes. Toutefois, si l'on étudie la composition des populations bactériennes de la rhizosphère en fonction du génotype de variétés non transgéniques, il est prévisible que selon les caractères de ces variétés, un effet sera trouvé. **(Gallais A., RicrochA., 2006)**

2.6. Augmentation de l'utilisation de pesticides

Les entreprises agrochimiques qui commercialisent des PGM mettent en avant l'avantage de la réduction de l'utilisation des pesticides. La pratique montre pourtant le contraire.

Les cultures génétiquement modifiées perpétuent en fait la pratique de la monoculture, qui conduit à l'accroissement de la dépendance envers les produits chimiques.

La plupart des plantes génétiquement modifiées ont été modifiées afin d'être tolérantes à un « herbicide total », un herbicide qui tue toutes les plantes. Soumises à un épandage intensif, les mauvaises herbes s'adaptent et deviennent résistantes à l'herbicide.

De plus, par reproduction croisée (fécondation d'une sous-espèce par une autre), des espèces O.G.M peuvent contaminer leurs variantes non génétiquement modifiées. S'il devait y avoir fécondation croisée entre des plantes transgéniques résistantes aux herbicides et certaines mauvaises herbes, il pourrait en résulter des « super mauvaises herbes », résistantes aux herbicides. Difficiles à contrôler, elles obligeraient les agriculteurs à recourir à des produits chimiques encore plus nombreux, et encore plus toxiques. Sans compter que l'augmentation probable des quantités d'herbicides utilisées à moyen et long terme ne fera qu'accroître la pollution des sols et des nappes phréatiques. [36]

2.7. Le risque de contamination d'autres cultures agricoles :

Si on rend les plantes plus résistantes envers les insectes ravageurs ou les herbicides, les cultures nécessiteront moins d'interventions de la part de l'agriculteur, d'où une simplification du travail. L'agriculteur devra donc faire un travail : veiller à la traçabilité des O.G.M pour répondre au choix des consommateurs .Il doit être dans la capacité de garantir aux acheteurs la séparation des lots transgéniques .En effet, il est difficile de garantir qu'une parcelle voisine n'a pas contribué à la fécondation. De plus avec le pollen certaines cultures biologiques peuvent être « polluées » par les O.G.M et ainsi un agriculteur peut perdre un label durement acquis. [38]

3. Les risques socio-économiques

Face à une évaluation, des impacts sanitaires et environnementaux des biotechnologies, il convient de s'interroger également sur les effets socio-économiques.

Pour que l'exploitant ait un intérêt économique à cultiver les O.G.M, le surcoût des semences doit être inférieur aux gains apportés par l'augmentation des rendements et/ou la diminution des coûts de traitements. Les variétés transgéniques actuelles, résistantes aux insectes ou aux herbicides, semblent présenter un gain réel pour l'agriculteur, mais les études ne sont pas suffisamment complètes ni assez longues.

3.1. Risques pour les cultures non transgéniques de la même espèce : la coexistence de productions

Le risque de flux de gènes vers les cultures non transgéniques de la même espèce est celui d'affecter la pureté des productions. Ceci poserait problème pour les productions garanties sans O.G.M. Pour rendre possible la coexistence entre divers modes de production, en acceptant de faibles taux de présence fortuite, la solution envisagée est d'exiger un isolement des cultures. L'éloignement est basé sur la distance parcourue par le pollen. Un seuil d'exemption d'étiquetage en cas de présence fortuite d'O.G.M de 0,9% correspond à un compromis politique entre les agriculteurs biologiques qui ne demandent aucune contamination et les semenciers. [39]

3.2. Risque d'accentuation de la dépendance du monde agricole.

Les grandes firmes de l'agrochimie, de la transformation et de la distribution agricole (Monsanto, Bayer CropScience, Syngenta, DuPont...), jouent un rôle de plus en plus important dans le contrôle et l'orientation de l'évolution du secteur agro-alimentaire dans les pays où les O.G.M sont cultivés sur des surfaces importantes (États-Unis, Argentine, Brésil, Canada).

La capacité de développer et d'introduire les biotechnologies étant quasi exclusivement sous le contrôle d'une douzaine de grandes firmes agrochimiques privées, le recours aux biotechnologies ne pourrait servir d'autres intérêts que ceux de ces firmes. Aussi,

quand bien même les biotechnologies permettraient quelques succès, on semble en droit de se questionner sur le risque d'augmentation de la dépendance des pays dits du Sud aux pays industrialisés.

Pour les variétés transgéniques résistantes aux herbicides, l'agriculteur, en achetant les semences doit aussi acheter l'herbicide à la même entreprise, d'où une perte de liberté. Cette perte de liberté n'est acceptable que si l'agriculteur y trouve un avantage. (Gallais & Ricroch, 2006).

En outre, des contrats sont établis entre entreprises semencières et agriculteurs obligeant le rachat de semences chaque année.

3.3. Le brevetage de la transgénèse :

Le brevet est un titre de propriété industrielle qui confère à son titulaire un monopole d'exploitation de l'invention pour 20 ans dans la plupart des pays, avec le droit d'interdire à quiconque la reproduction, l'utilisation, la commercialisation de l'invention. Il permet d'amortir les investissements.

Une variété végétale sélectionnée est une invention particulière. C'est une création qui ne peut répondre à l'octroi d'un brevet. Elle est protégée par un Certificat d'Obtention Végétale (COV) qui interdit la commercialisation de la variété par d'autres sélectionneurs que l'obtenteur. Ce système prévoit que l'agriculteur puisse prendre comme semences une partie de sa récolte pour réensemencer ses champs en payant une faible redevance, ou pour certaines une contribution obligatoire.

La mise au point d'une nouvelle variété à partir d'une variété protégée par un COV est permise et la nouvelle variété peut être mise sur le marché sans que l'inventeur ne doive quoique ce soit au détenteur du COV.

Par contre, un transgène est brevetable. Il se pose alors la question de la possibilité de breveter la variété qui le porte, ce qui entraînerait la disparition de ce droit de réensemencer et d'utiliser cette variété pour l'obtention d'une nouvelle, induisant le ralentissement du progrès technique. [39]

3.4. Conséquence pour les PVD :

Nous ne voulons considérer ici que les risques, pour les PVD, du développement de certaines variétés transgéniques dans les pays industrialisés. Ces pays importent des PVD différents produits comme l'huile d'arachide, l'huile de palme, la vanille ; or il devient possible de faire produire ces composés par une plante cultivée dans ces pays industrialisés, par le colza par exemple. Le développement de telles variétés transgénique pourrait avoir des conséquences graves pour l'économie des PVD (Galhardi, 1996).

3.5. La diminution des prix :

La diminution des prix agricoles est un risque si l'Europe refuse les O.G.M alors qu'ils se développent partout ailleurs. Il est évident que si les coûts de production diminuent pour l'agriculteur, alors les cours chuteront au niveau mondial. Cela diminuera la compétitivité de l'agriculture européenne à qui l'on refuse les variétés transgéniques. À terme, c'est donc l'avenir de notre agriculture qui serait en cause.

La France, pays le plus agricole de l'Europe, pourrait souffrir sans doute le plus de cette situation. (Gallais & Ricroch, 2006).

Conclusion

La technique de la transgénèse est une technique encore toute jeune et de nombreuses questions restent en suspens. On constate qu'elle présente de nombreux avantages mais également des risques non négligeables et d'autre mal vu ou même inconnus. A tel point que les scientifiques ne sont pas tous en accord en ce qui concerne l'évaluation des O.G.M avant leur mise en circulation.

Les O.G.M ont des plusieurs risques sur l'environnement, l'économie et la santé, c'est l'un des armes les plus mortelles dans le monde.

La transgénèse pourrait pourtant être un outil très puissant dans les mains du sélectionneur pour construire plus rapidement des variétés de plantes rependant de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Les plantes transgéniques actuelles ne sont sans doute qu'une étape quasi nécessaire dans la mis au point à grande échelle de nouvelles plantes génétiquement modifiées, avec la maitrise complète du transfert d'un gène dans un génome.

Recommandation

Les OGM pourraient devenir l'alimentation du futur. A cause se ça il faut La impose un étiquetage des produits contenant des O.G.M pour permettre aux consommateurs de faire un acte d'achat en connaissance de cause. Cet étiquetage est obligatoire à partir de 0,9% d'O.G.M dans un ingrédient, pris individuellement. Cependant cette réglementation n'inclut pas les produits issus d'animaux nourris avec des OGM. Ainsi, les œufs, le lait, la viande ou les graisses animales issus d'animaux nourris avec des OGM ne seront pas étiquetés.

Bien sur, on en sait encore peu sur l'impact des O.G.M à long terme, et les chercheurs devront continuer à évaluer les effets sur les humains et l'environnement pour nous guider vers des solutions durables et sans impact nocif sur notre vie.

Bibliographie :

Les ouvrages :

Anglade P., Barrière Y., Bekert M., 1989. L'amélioration des espèces végétales cultivées .Ed Inra, Paris. 106p.

Anglade P., Barrière Y., Beckert M., Boyat A., Derieux M., Gallais A., Giauffret C., Hébert Y., Pallacsek M., 1989. Le maïs. In Gallais A. Bannerot H., 1989. Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. Inra, Paris P. 106-108p.

Bahloul I., Kraimia S., ORGANISME GENITIQUEMENT MODIFIE : quels risques pour le consommateur ?, Mem. QPSA. Univ. Guelma ; 51p.

Bouharmont J (2007). biologie végétale. Éd. De Boeck. Paris. 180p.

Clausen M., Krauter R., Schachermayr G., Pitrykus I., Sautter C., 2000. Antifungal activity of a virally encoded gene in transgenic wheat. Nat. Biotech., 449-449p.

Galhardi R., 1996. Trade implication of biotechnology in developing countries: a quantitative assessment. Technologie in society, 18,17-40p.

Gallais A., Ricroch A., 2006. plantes transgéniques: faits et enjeux. Édition Quae. 88-90p.

Garg A.K., Kim J.K., Owens T.G., Ranwala A.P., Choi Y.D., Kochian L.V., Wu R.J., 2002. Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. Proc. Nat. Acad. Sci., 99, 15898_15903p.

Gilbert H., Jean N. M., Marie G. P & Pascal C (2001). Nouvelle encyclopédie de bioéthique, Médecine, environnement, biotechnologie. De Boeck. 842p.

Jaglo-Ottosen K.R., Gilmour S.J., Zarka D.G., Schabenberge O., Thomashow M.F., 1998. Arabidopsis GBF1 overexpression induces COR genes and enhances freezing tolerance. Science, 104-106p.

Jeanneau M., Gerentes D., Foueillassar X., Zivy M., Vidal J., Toppan A., Perez P., 2002. Improvement of drought tolerance in maize : towards the functional validation of the Zm-Asr1 gene and increase of water use efficiency by over-expressing C4-PEPC. Biochimie 84, 1127-1135p.

Julien Demol (2002). Amélioration des plantes-.lavoisier. 14, rue de provigny Belgique, 249p+279p.

Marcel Kuentz., 2006, les OGM l'environnement et la santé, ellipses, p110-128p.

Muller J., Boller T., Wiemkem A., 1995. Trehalose and trehalase in plants: recent developments. Plant Sci., 112p.

Oerke E.C., Dehne H.W., Shonbeck F., Weber A., 1994. Crop production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops. Elsevier, 808p.

Oerke E.C., Dehne H.W., 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection-current situation and future trends. Eur. J. Plant patho., 103, 203-215p.

Okubara P., Blechl A.E., McCormick S.P., Alexander N.J., Dill-Mackey R., Hohn T.M., 2002. Engineering deoxynivalenol metabolism in wheat through the expression of a fungal trichothecene acetyltransferase gene. Theor. Appl. Genet., 74-83 p.

Paoletti M.G., Pimentel D., 2000. Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. J. of Agr and Env. Ethics, 279-300p.

Pierre Feillet (2000). le grain de blé : composition et utilisation. INRA, Paris, 84pp.

Zhang J., Klueva N.Y., Wang Z., Wu R., David Ho t.-H., Nguyen H.T., 2000. Genetic engineering for abiotic stress resistance in crop plants. In Vitro Cell. Dev. Bio.plant, 36, 108-114p.

Les sites :

[1] <http://www.fao.org/docrep/003/X9602f/x9602f02.htm> consulté le 02/04/11

[2] http://www.ogm.gouv.qc.ca/utilisation_actuelle.html consulté le 02/04/11

[3] <http://science-citoyen.u-strasbg.fr/dossiers/ogm/ogm/def/transgen.html#haut-page> consulté le 10/02/11

[4] <http://ogmscienceactu.e-monsite.com/rubrique,a-definition,163769.html> consulté le 02/03/11

- [5] <http://membres.multimania.fr/toutsurlesogm/biolistique1.htm> consulté le 22/04/11
- [6] <http://membres.multimania.fr/toutsurlesogm/microveg1.htm> consulté le 22/04/11
- [7] <http://membres.multimania.fr/toutsurlesogm/transfection1> consulté le 22/04/11
- [8] <http://membres.multimania.fr/toutsurlesogm/mondeogm.htm> consulté le 22/04/2011
- [9] <http://membres.multimania.fr/toutsurlesogm/electroporation1.htm> consulté le 22/04/11
- [10] http://lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/~lyonnetj/SVT/MISVT/2nde1-08-09/OGM/Site_OGM_Margaux_Noemie/Differents_OGM.htm consulté le 02/03/11
- [11] <http://www.gnis-pedagogie.org/pages/classbio/chap3/36.htm> consulté le 22/04/2011
- [12] <http://membres.multimania.fr/tomouche/fichiers/biochimie.htm> consulté le 22/04/2011
- [13] <http://www.01sante.com/xoops/modules/icontent/index.php?page=540> consulté le 29/04/11
- [14] <http://www.maxisciences.com/c%E9r%E9ale/tout-savoir.html> consulté le 28/02/11
- [15] <http://www.lafranceagricole.fr/decouvrez-l-agriculture/productions-vegetales-artFa/cereales-19871.htm> consulté le 03/05/2011.
- [16] <http://www.unilet.fr/cultures/pois/pois.php?page=implantation> consulté le 11/03/11
- [17] <http://mamienne.canalblog.com/archives/2010/03/11/17204642.html> consulté le 04/05/11
- [18] http://www.agpb.fr/fr/chiffre/recolte_monde.asp consulté le 27/00005/11
- [19] (http://www.charriere-distribution.com/fr/maladies/cereales/8_fuarirose.htm)
Consulté le 03/04/2011.
- [20] <http://www.syndicat-agricole.com/actualites/aucune-production-du-ble-pallier-l-insuffisance-de-la-lutte-chimique-contre-la-fusariose-des-epis&fldSearch=:3374.html>
- [21] http://www.charriere-distribution.com/fr/maladies/cereales/39_pietin-verse.htm
Consulté le 12/04/2011.
- [22] <http://www.ogm.org/pages/showchiffre.php?chiid=2>
- [23] <http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:pkcy291u16YJ:64.78.34.15/grandescultures/2008cereales.pdf> consulté le 13/05/2011.
- [24] http://www.google.com/search?um=1&hl=fr&biw=1024&bih=625&tbm=isch&sa=1&q=CHARBON+ET+CARIE+DU+BLE&oq=CHARBON+ET+CARIE+DU+BLE&aq=f&aqi=&aql=&gs_sm=e&gs_upl=15714513101121111010101010101
- [25] http://doctissimo.e-monsite.com/rubrique_4-les-genes-utilises_46459.html

[26] <http://www.liewensufank.lu/pdfs/verschiedene-divers/vorlage%20NOOGM-F-D.ppf>

consulté 23/04/2011

[27] <http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/schema-de-transgenese-creation-de-mais-ogm-bt-resistant-a-la-pyrale-par-transfert-d-un-50473> consulté le 12/04/11

[28] <http://www.ogm.ch/doc:la-resistance-aux-herbicides-pour-les-nuls-2eme-partie> consulté le 28/05/2010

[29] <http://www.dossiersdunet.com/spip.php?article849> consulté le 08/02/11

[30] <http://membres.multimania.fr/ogmland/risques02.html> consulté le 04/03/11

[31] <http://ogmbs.e-monsite.com/rubrique,-,1470031,0.html> consulté le 09/03/11

[32] <http://membres.multimania.fr/citoyensecolo/page6.html> consulté le 25/02/11

[33] <http://www.creaweb.fr/perso/bv/ogm/risques2.html> consulté le 04/04/11

[30] <http://www.senat.fr/rap/r97-440/r97-44018.html> consulté le 11/03/11

[34] <http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2358/t/4/les-pyrales-du-mais-pourraient-faire-de-la-resistance/> consulté le 11/05/11

[35] <http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/ogm/Problemes/> consulté le 23/05/11

[36] <http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/ogm/Problemes/Risques-lies-a-la-dissemination-d> consulté le 29/05/2010

[37] <http://alphyroth.free.fr/tpe/part2.htm> consulté le 11/05/11

[38] <http://www.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/riba.htm>

consulté 27/05/2011

[39] http://masterpro-ere.u-bourgogne.fr/pages_web/site%20OGM/Risques%20socio-economiques.html consulté le 03/05/2011

Résumé

L'homme peut aujourd'hui transformer des êtres vivants en intégrant dans son patrimoine génétique des gènes pour obtenir des propriétés souhaitées, tout en créant ce que l'on appelle un organisme génétiquement modifié (O.G.M).

Cette transformation génétique est surtout effectuée sur des espèces végétales, depuis les céréales jusqu'aux légumes ou aux arbres, et aussi sur des animaux.

Les céréales génétiquement modifiées permettent la diminution des pertes agricoles causées par les maladies, les insectes et les mauvaises herbes, mais aussi elle peut être un risque sur la santé humaine et sur l'environnement.

Mot clés : O.G.M, céréales, risques, économie, maladies

Abstract

Nowadays, Man can now transform living beings by integrating its genetic genes to obtain desired properties, while creating what we call a genetically modified organism (GMO)

This is mainly performed genetic transformation of plant species, from grain to vegetables or trees and also on animals

Genetically modified grains can lower agricultural losses caused by diseases, insects and weeds, but they may be a risk to human health and the environment

Keys words: O.G.M, cereals, risks, economics, disease

المخلص

يمكن للإنسان الآن تحويل الكائنات الحية من خلال دمج جيناته الوراثية للحصول على الخصائص المطلوبة ، و هذا ما يسمى بكائن معدل وراثيا (الكائنات المعدلة وراثيا).
يتم هذا التحول الوراثي أساسا على الأنواع النباتية, من الحبوب و الخضار أو الأشجار ،
وأيضا على الحيوانات.
يمكن تعديل الحبوب وراثيا من تقليل الخسائر الزراعية الناجمة عن الحشرات والأمراض
والأعشاب الضارة، إلا أنها قد تشكل خطرا على صحة الإنسان والبيئة

Glossaire

ADN : acide désoxyribonucléique, macromolécule support de l'information génétique, formée de désoxyribonucléotides.

Bt : *Bacillus thuringiensis*, bactérie du sol qui produit des toxines insecticides.

Cov (certificat d'obtention végétale) : certificat qui protège l'obteneur d'une variété, lui permet d'avoir des droits de licence et interdit son utilisation par un tiers sauf comme ressource génétique.

Dicotylédones : plantes formant un sous-embranchement des angiospermes (plantes à fleurs) avec des graines à deux cotylédons et des feuilles à nervation radiale.

Gène : séquence codante d'ADN correspondant à une unité de fonction, mais aussi unité de ségrégation.

Gène d'intérêt : le gène qui est manipulé par transgénèse.

Gène marqueur : cette séquence crée un marquage dans la cellule permettant de détecter l'insertion du gène d'intérêt le génome de cette cellule.

Géni génétique : Ensemble des procédés qui permettent à l'homme de modifier le patrimoine génétique d'un individu

Génome : Ensemble de l'ADN présent dans le noyau de chacune des cellules d'un organisme.

Kanamycine : Antibiotique traitant d'une large variété d'infections.

Phosphinotricine: une molécule dont la structure s'apparente à celle de l'acide aminé glutamine

Plasmide : petite boucle d'ADN d'origine bactérienne servant de Malette de transfert du gène d'intérêt

Promoteur : c'est une séquence qui est reconnue comme le début du gène d'intérêt, et qui ordonne à ce gène d'entrer en fonction dan certains conditions.

Protoplaste : Est une cellule végétale dépourvue de sa paroi pectocellulosique rigide par le jeu des enzymes.

Pyrale : est un insecte ravageur qui cause jusqu'à 30% de pertes dans les récoltes de Maïs. La larve de Pyrale est le fléau le plus redouté dans la culture de cette céréale.

Surexpression : stimulation de la production d'ARN au moment de la transcription d'un gène, ce qui conduit aussi à une surproduction de protéines. Cette stimulation se fait en plaçant le gène sous le contrôle d'un promoteur dit <<fort>>.

Termineur : c'est une séquence qui permet aux outils de la cellule de reconnaître la fin du gène d'intérêt.

Transgénèse : Est le fait d'introduire un ou plusieurs gènes dans un organisme vivant. Cette transgénèse pourra être exprimée dans l'organisme transformé.

Variété : population artificielle, à base génétique plus ou moins étroite, reproductible et de caractéristiques agronomiques bien définies.